

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра автоматизованих електромеханічних систем в
промисловості та транспорті

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Проректор з науково-
педагогічної та навчальної
роботи



Чубаров В.А.
» _____ 2020 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Системи накопичення електричної енергії»

Спеціальність: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітньо-професійна програма: Електромеханічні та електротехнічні комплекси і системи транспортних засобів
Факультет: Електротехнічний

Форма навчання	Курс	Семестр	Всього годин за планом	Кількість кредитів ECTS	Всього аудиторних (годин)	Аудиторних годин			Самостійна робота (годин)	Контрольні (модульні) роботи	Розрахунково-графічні роботи	Курсові проекти (роботи)	Залік (сем)	Екзамен (сем)
						Лекції	Лабораторні	Практичні						
Денна	1	1	120	4	48	32		16	72					1

Робочу програму другого (магістерського) освітнього рівня за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка для здобувачів з дисципліни «Системи накопичення електричної енергії» складена на основі ОПІ «Електромеханічні та електротехнічні комплекси і системи транспортних засобів» Криворізького національного університету, 2020 - 21 с.

Розробники:

Сінчук О.М. – доктор техн. наук, професор кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті


Рецензент:

Філіпп Ю.Б. – канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті
Протокол №1 від 26 серпня 2020 року

Завідувач кафедри  (О.М. Сінчук)

Схвалено вченою радою електротехнічного факультету
Протокол №1 від 31 серпня 2020 року

Голова  (В.О.Федотов)

Схвалено групою забезпечення ОПІ
Протокол № 1 від "26" 08 2020 року

Гарант ОПІ  (В.О.Федотов)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти.	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 4,0	<u>Галузь знань</u> <u>14</u> (шифр і назва) <u>Електрична</u> <u>інженерія</u>	Нормативна
Модулів - 1	Спеціальність 141 <u>”Електроенергетика,</u> <u>електротехніка та</u> <u>електромеханіка”</u>	Рік підготовки:
Змістових модулів - 2		1- й
Індивідуальне науково-дослідне завдання <u>(назва)</u>		Семестр
Загальна кількість годин - 120		1 - й
		Лекції
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних - 3 самостійної роботи здобувача – 4,5	Ступінь вищої освіти: <u>магістр</u>	32 год.
		Практичні, семінарські
		16 год.
		Лабораторні
		0 год.
		Самостійна робота
		72 год.
Індивідуальні завдання: год.		
Вид контролю: екзамен		

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 48/72/0;

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Курс має за мету теоретичну підготовку магістрів з курсу системи накопичення електричної енергії.

Останнім часом, все частіше під час різноманітних зустрічей, присвячених енергетиці, підіймається питання потреби розвитку в Україні найближчим часом систем накопичення енергії (SNE) або англійською “energy storage facilities”. У електричній системі, накопичення енергії означає відкладення споживання електричної енергії до іншого моменту, ніж момент її виробництва, або перетворення електричної енергії у форму енергії (фізичні, інерційні, хімічні, водневі та інші технології), яка може зберігатися, зберігання такої енергії та подальше перетворення такої енергії у електричну електроенергію або використання як іншого носія енергії.

Метою вивчення дисципліни є вивчення дисципліни є сформуванню у магістрів системні знання у сфері новітніх напрямів досліджень, що проводяться у світі в галузі електротехніки, а саме у сфері системи накопичення електричної енергії, а також їх обслуговування та експлуатацію.

Завдання вивчення дисципліни здобувачем, він повинен бути здатним і продемонструвати такі результати навчання:

1. Знання про сучасні тенденції розвитку і найбільш важливі нові наукові досягнення в галузі електротехніки та електроніки, а також систем накопичення електричної енергії.

2. Систематичні знання і розуміння сучасних наукових теорій і методів та вміння їх ефективно застосовувати для синтезу та аналізу систем накопичення електричної енергії.

3. Знання перспективних напрямків досліджень у кожному розділі систем накопичення електричної енергії.

4. Знання сучасних методів досліджень, що проводяться в окремих розділах систем накопичення електричної енергії.

5. Уміння об'єктивно оцінювати наслідки впровадження інновації для ефективного функціонування систем накопичення електричної енергії.

6. Розуміння доцільності власного напрямку дослідження в галузі систем накопичення електричної енергії.

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у здобувача компетентностей:

Знати:

- теоретичні та практичні основи діагностування технічного стану систем накопичення електричної енергії;
- методи заряду акумуляторних батарей;
- пристрої для заряду акумуляторних батарей;
- знання про сучасні тенденції розвитку і найбільш важливі нові наукові досягнення в галузі електротехніки та електроніки, а також систем накопичення електричної енергії;
- сучасні розробки систем накопичення електричної енергії.

Вміти:

- уміння здійснювати пошук, аналізувати і критично оцінювати інформацію з різних джерел;
- уміння застосовувати системний підхід, інтегруючи знання з інших дисциплін;
- уміння ефективно працювати як індивідуально, так і у складі команди;
- уміння оцінити доцільність та можливість застосування нових методів і технологій в задачах синтезу систем накопичення електричної енергії;
- уміння аргументувати вибір методів розв'язування науково-прикладної задачі, критично оцінювати отримані результати та захищати прийняті рішення щодо вибору систем накопичення електричної енергії;
- уміння ефективно спілкуватися на професійному та соціальному рівнях;

Вивчення дисципліни «Системи накопичення електричної енергії» передбачає засвоєння навчального матеріалу у вільний від аудиторних занять час у формі самостійної та індивідуальної навчально-дослідної роботи, призначеної формувати практичні навички роботи здобувачів із спеціальною літературою, орієнтувати їх на інтенсивну роботу, критичне осмислення здобутих знань і глибоке вивчення теоретичних і практичних проблем для підвищення якості професійної підготовки.

Результати вивчення курсу «Системи накопичення електричної енергії» представляються у формі екзамену.

Місце дисципліни в структурно-логічній схемі підготовки фахівця

Перелік дисциплін, на які безпосередньо спирається вивчення даної дисципліни	Перелік дисциплін, вивчення яких безпосередньо спирається на дану дисципліну
Теоретичні основи електротехніки.	Системи керування енергоспоживанням тягових електроприводів

У процесі освоєння даної дисципліни здобувач формує і демонструє такі загальні та спеціальні компетентності, які сформовані відповідно до ОНП з підготовки фахівців за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»:

- K03. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- K05. Здатність діяти соціально відповідально та свідомо.
- K07. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
- K12. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань.
- K13. Здатність планувати, організовувати та проводити дослідження.
- K14. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів.

- K18. Здатність аналізувати електрохімічні процеси у накопичувачах електричної енергії, розраховувати їх ємність та тривалість життєвого циклу.
- K22. Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої мети з урахуванням всіх аспектів проблеми, що вирішується, включаючи виробництво, експлуатацію та утилізацію обладнання.

та результатів навчання:

- РН01. Знаходити варіанти підвищення енергоефективності та надійності обладнання, комплексів і систем.
- РН04. Окреслювати план заходів з підвищенням надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу обладнання, комплексів і систем.
- РН06. Враховувати правові та економічні аспекти наукових досліджень та інноваційної діяльності.
- РН16. Виконувати вибір автономних джерел енергії для електромеханічних та електротехнічних комплексів і систем транспортних засобів.
- РН19. Виконувати дослідження для вирішення промислових завдань для комплексів і систем транспортних засобів з використанням сучасної апаратури та методів дослідження.

3. Програма навчальної дисципліни

Заліковий модуль №1

Змістовий модуль №1 «Загальні положення та класифікація систем накопичення електричної енергії» (60 годин/2,0 кредита)

Тема 1. Загальні відомості. Поняття та класифікація систем накопичення електричної енергії. Історичні передумови використання акумуляторних батарей. Світові тенденції розвитку та застосування систем накопичення електричної енергії.

Тема 2. Свинцево-кислотні акумуляторні батареї. Особливості конструкції свинцево-кислотних акумуляторних батарей. Заряд свинцево-кислотних акумуляторних батарей. Особливості експлуатації свинцево-кислотних акумуляторних батарей.

Тема 3. Нікель-кадмієві акумуляторні батареї. Конструкція нікель-кадмієвих акумуляторних батарей. Особливості заряду нікель-кадмієвих акумуляторних батарей. Експлуатаційні характеристики нікель-кадмієвих акумуляторних батарей.

Тема 4. Літій-іонні акумуляторні батареї. Особливості побудови літій-іонних акумуляторних батарей. Заряд літій-іонних акумуляторних батарей. Пристрої захисту захисту літій-іонних акумуляторних батарей під час експлуатації.

Змістовий модуль №2 «Методи, пристрої заряду акумуляторних батарей та системи їх діагностування» (60 годин/2,0 кредита)

Тема 5. Методи заряду акумуляторних батарей. Дослідження залежності струму заряду від ємності акумуляторних батарей. Глибина заряду. Особливості заряду при низьких та високих температурах. Принципи розрахунку акумуляторних батарей.

Тема 6. Пристрої для заряду акумуляторних батарей. Принципи побудови зарядних пристроїв. Зарядні пристрої свинцево-кислотних акумуляторних батарей. Зарядні пристрої нікель-кадмієві акумуляторних батарей. Зарядні пристрої літій-іонних акумуляторних батарей.

Тема 7. Моніторинг параметрів тягових акумуляторних батарей шахтних контактних акумуляторних електровозів. Основи дослідження параметрів тягових акумуляторних батарей. Особливості акумуляторних батарей як елементів систем тягових електротехнічних комплексів шахтних електровозів. Характеристики тягових акумуляторних батарей. Аналіз можливих варіантів схемотехнічних рішень підсистем моніторингу стану тягових акумуляторних батарей шахтних контактних акумуляторних електровозів. Спосіб визначення неполадок у тягових акумуляторних батареях шахтних електровозів.

Тема 8. Сучасні розробки систем накопичення електричної енергії. Огляд сучасних тенденцій розвитку систем накопичення електричної енергії. Загальні характеристика Smart batteries. Місце систем накопичення електричної енергії в системах Smart Grid. Огляд сучасних розробок систем накопичення електричної енергії.

Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	усього	денна форма				
		у тому числі				
1	2	лк	пз	лб	інд	с.р.
Заліковий модуль № 1						
Змістовий модуль 1. Загальні положення та класифікація систем накопичення електричної енергії.						
Тема 1. Загальні відомості. Поняття та класифікація систем накопичення електричної енергії. Історичні передумови використання акумуляторних батарей. Світові тенденції розвитку та застосування систем накопичення електричної енергії.	12	4	2	-	-	6
Тема 2. Свинцево-кислотні акумуляторні батареї. Особливості конструкції свинцево-кислотних акумуляторних батарей. Заряд свинцево-кислотних акумуляторних батарей. Особливості експлуатації свинцево-кислотних акумуляторних батарей.	16	4	2	-	-	10
Тема 3. Нікель-кадмієві акумуляторні батареї. Конструкція нікель-кадмієвих акумуляторних батарей. Особливості заряду нікель-кадмієвих акумуляторних батарей. Експлуатаційні характеристики нікель-кадмієвих акумуляторних батарей.	16	4	2	-	-	10
Тема 4. Літій-іонні акумуляторні батареї. Особливості побудови літій-іонних акумуляторних батарей. Заряд літій-іонних акумуляторних батарей. Пристрої захисту захисту літій-іонних акумуляторних батарей під час експлуатації.	16	4	2	-	-	10
Всього за заліковим модулем №1	60	16	8	-	-	36
Заліковий модуль № 2						
Змістовий модуль 2. Методи, пристрої заряду акумуляторних батарей та системи їх діагностування.						
Тема 5. Методи заряду акумуляторних батарей. Дослідження залежності струму заряду від ємності акумуляторних батарей. Глибина заряду. Особливості заряду при низьких та високих температурах. Принципи розрахунку акумуляторних батарей.	16	4	2	-	-	10
Тема 6. Пристрої для заряду акумуляторних батарей. Принципи побудови зарядних пристроїв. Зарядні пристрої свинцево-кислотних акумуляторних батарей. Зарядні пристрої нікель-кадмієві акумуляторних батарей. Зарядні пристрої літій-іонних акумуляторних батарей.	14	4	2	-	-	8
Тема 7. Моніторинг параметрів тягових акумуляторних батарей шахтних контактних акумуляторних електровозів. Основи дослідження параметрів тягових акумуляторних батарей. Особливості акумуляторних батарей як елементів систем тягових електротехнічних комплексів шахтних електровозів. Характеристики тягових акумуляторних батарей. Аналіз	12	4	-	-	-	8

можливих варіантів схемотехнічних рішень підсистем моніторингу стану тягових акумуляторних батарей шахтних контактних-акумуляторних електровозів. Спосіб визначення неполадок у тягових акумуляторних батареях шахтних електровозів.						
Тема 8. Сучасні розробки систем накопичення електричної енергії. Огляд сучасних тенденцій розвитку систем накопичення електричної енергії. Загальні характеристики Smart batteries. Місце систем накопичення електричної енергії в системах Smart Grid. Огляд сучасних розробок систем накопичення електричної енергії.	18	4	4	-	-	10
Всього за заліковим модулем №2	60	16	8	-	-	36
Усього годин	120	32	16	-	-	72

4. Теми семінарських занять

Не передбачено навчальним планом.

5. Теми практичних занять

Практичні роботи здобувачів виконують самостійно і захищають в бесіді з викладачем

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		Денна форма
1	2	3
Заліковий модуль 1		
Пз.1	Розрахунок енергетичних параметрів акумуляторних батарей	2
Пз.2	Розрахунок та вибір свинцево-кислотних акумуляторних батарей.	2
Пз.3	Розрахунок та вибір нікель-кадмієвих акумуляторних батарей.	2
Пз.4	Розрахунок та вибір літій-іонних акумуляторних батарей.	2
Заліковий модуль 2		
Пз.5	Аналіз розрахунку заряду акумуляторних різних типів акумуляторних батарей.	2
Пз.6	Розрахунок та вибір пристрою для заряду акумуляторних батарей при впровадженні до складу електромеханічних систем.	2
Пз.7	Дослідження методик розрахунку та вибору сучасних систем накопичення електричної енергії при впровадженні до складу електромеханічних систем.	4
	Разом:	16

7. Теми лабораторних занять

Не передбачено навчальним планом

8. Самостійна робота

Організація і контроль самостійної роботи здобувачів зорієнтовані на використання кредитно-модульної системи організації навчального процесу (КМСОНП). Обсяг самостійної роботи та порядок її організації, а також система контролю та оцінювання результатів доводяться до здобувачів на одному з перших занять семестру.

Вивчення здобувачами дисципліни «Системи накопичення електричної енергії» у поза аудиторний час складається з повторення та засвоєння теорії по підручнику, конспекту та слідкуванням за розвитком наукового напрямку дисципліни за рахунок матеріалів всеукраїнських, міжнародних конференцій, та вітчизняних та закордонних видання. Розуміння та засвоєння пройденого матеріалу дозволяє активно засвоювати нові теоретичні положення. У свою чергу, такі форми роботи допомагають краще зрозуміти теорію, сприяють придбанню практичних навичок та розуміння розвитку наукового напрямку дисципліни з подальшим використанням для написання дисертаційної роботи.

При підготовці до практичних роботи здобувач повинен:

а) зрозуміти мету роботи та основні теоретичні положення, що використовуються в ній. Для самоконтролю у методичних вказівках до роботи приведені контрольні питання;

б) заготовити усі необхідні для виконання роботи матеріали: схеми, таблиці, папір для графіків тощо; це прискорює та полегшує оформлення роботи, яке рекомендується здійснювати під час практичних занять в аудиторії.

Недоцільно відкладати оформлення роботи на тривалий строк. Слід прагнути так організувати роботу на практичних заняттях, щоб оформити звіт під час занять.

Усі виникаючі питання з теорії, практичних робіт слід записувати і одержати на них відповідь у час найближчої консультації.

Перелік тем та обсяг часу для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		Денна форма
1	Тема 1. Загальні відомості. Поняття та класифікація систем накопичення електричної енергії. Історичні передумови використання акумуляторних батарей. Світові тенденції розвитку та застосування систем накопичення електричної енергії.	5
2	Тема 2. Свинцево-кислотні акумуляторні батареї. Особливості конструкції свинцево-кислотних акумуляторних батарей. Заряд свинцево-кислотних акумуляторних батарей. Особливості експлуатації свинцево-кислотних акумуляторних батарей.	5
3	Тема 3. Нікель-кадмієві акумуляторні батареї. Конструкція нікель-кадмієвих акумуляторних батарей. Особливості заряду нікель-кадмієвих акумуляторних батарей. Експлуатаційні характеристики нікель-кадмієвих акумуляторних батарей.	4
4	Тема 4. Літій-іонні акумуляторні батареї. Особливості побудови літій-іонних акумуляторних батарей. Заряд літій-іонних акумуляторних батарей. Пристрої захисту літій-іонних акумуляторних батарей під час експлуатації.	5
5	Тема 5. Методи заряду акумуляторних батарей. Дослідження залежності струму заряду від ємності акумуляторних батарей. Глибина заряду. Особливості заряду при низьких та високих температурах. Принципи розрахунку акумуляторних батарей.	6
6	Тема 6. Пристрої для заряду акумуляторних батарей. Принципи побудови зарядних пристроїв. Зарядні пристрої свинцево-кислотних акумуляторних батарей. Зарядні пристрої нікель-кадмієві акумуляторних батарей. Зарядні пристрої літій-іонних акумуляторних батарей.	6
7	Тема 7. Моніторинг параметрів тягових акумуляторних батарей шахтних контактних акумуляторних електровозів. Основи дослідження параметрів тягових акумуляторних батарей. Особливості акумуляторних батарей як елементів систем тягових електротехнічних комплексів шахтних електровозів. Характеристики тягових акумуляторних батарей. Аналіз можливих варіантів схемотехнічних рішень підсистем моніторингу стану тягових акумуляторних батарей шахтних контактних акумуляторних електровозів. Спосіб визначення неполадок у тягових акумуляторних батареях шахтних електровозів.	5
8	Тема 8. Сучасні розробки систем накопичення електричної енергії. Огляд сучасних тенденцій розвитку систем накопичення електричної енергії. Загальні характеристики Smart batteries. Місце систем накопичення електричної енергії в системах Smart Grid. Огляд сучасних розробок систем накопичення електричної енергії.	4
	Разом:	72

9. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом.

10. Методи навчання

У процесі викладання дисципліни «Системи накопичення електричної енергії» використовуються різні методи та форми викладання і навчання.

За джерелами знань використовуються такі методи навчання: словесні – розповідь, пояснення, лекція, інструктаж; наочні – демонстрація, ілюстрація; практичні роботи.

За характером логіки пізнання використовуються такі методи: аналітичний, синтетичний, аналітико – синтетичний, індуктивний, дедуктивний.

За рівнем самостійної розумової діяльності використовуються методи: проблемний, частково – пошуковий, дослідницький. Види занять з дисципліни: *лекції, практичні заняття, самостійна робота.*

10.1 Лекційні заняття

Основним видом навчальних занять з дисципліни «Системи накопичення електричної енергії» є лекції. У процесі засвоєння матеріалу надзвичайно важливо засвоїти не тільки кінцеві результати у вигляді розрахункових формул та методів, а й забезпечити формування електротехнічного мислення, розуміння фізичних процесів. При проведенні лекцій враховується, що значна частина матеріалу вноситься на самостійну роботу. На лекціях акцентується увага на головних моментах теорії та вмінні використовувати її в практичній роботі.

10.2 Практичні заняття

Важливу роль при вивченні дисципліни відіграють практичні заняття. На практичних заняттях здобувачі під керівництвом викладача особисто проводять розрахунок та вибір систем накопичення електричної енергії різних видів у складі електромеханічних систем та електротехнічних комплексів і систем транспортних засобів.

У процесі індивідуального захисту практичних робіт кожен здобувач отримує відповідну оцінку з урахуванням, активності при виконанні роботи, якості її оформлення та захисту.

При підготовці до практичної роботи здобувач повинен:

а) зрозуміти мету роботи та основні теоретичні положення, що використовуються в ній. Для самоконтролю у методичних вказівках до роботи приведені контрольні питання;

б) заготовити усі необхідні для виконання роботи матеріали: схеми, таблиці, папір для графіків тощо; це прискорює та полегшує оформлення роботи, яке рекомендується здійснювати під час практичних занять в аудиторії.

Недоцільно відкладати оформлення роботи на тривалий строк. Слід прагнути так організувати роботу на практичних заняттях, щоб оформити звіт під час занять.

Усі виникаючі питання з теорії, практичних робіт слід записувати і одержати на них відповідь у час найближчої консультації.

При підготовці до практичних занять здобувач повинен згадати теоретичні положення, що будуть використовуватися на майбутньому занятті, та виконати завдання викладача з матеріалу минулого заняття. Рекомендується ознайомитися з вирішеними задачами по задачнику і підручнику. Усі виникаючі питання з теорії, практичних робіт та задач слід записувати і одержати на них відповідь у час найближчої консультації.

10.3 Взаємозв'язок аудиторної та самостійної роботи здобувачів при вивченні дисципліни

У ході вивчення дисципліни здобувач слухає лекції з теоретичного матеріалу, ряд питань виносяться на самостійне вивчення. Контроль засвоєння матеріалу проводиться за результатами модульного опитування. Для допомоги здобувачу в освоєнні теоретичного матеріалу лекційних занять і самостійної роботи передбачаються консультації викладача.

10.4 Консультації

Передбачені консультації для роботи здобувачів та викладачів у діалоговому режимі.

10.5 Технічне та програмне забезпечення дисципліни

При проведенні лекційних занять необхідно проекційне обладнання поєднане з комп'ютером.

11. Методи оцінювання успішності навчання

11.1 Структура контролю для здобувачів денної форми навчання

Основними завданнями контролю знань здобувачів з дисципліни є оцінювання засвоєння ними теоретичних знань і практичних навичок, отриманих під час навчання.

Контрольні заходи мають виконувати наступні функції:

- стимулювати систематичну самостійну роботу над навчальним матеріалом;
- забезпечувати закріплення та реалізацію набутих теоретичних знань при виконанні практичних завдань;

Оцінювання знань здобувачів складається з поточного та модульного контролю.

Поточний контроль знань здобувачів передбачає оцінювання за наступними основними напрямками:

- перевірка теоретичних знань;
- виконання контрольних модульних робіт (КМР);
- перевірка виконання практичних робіт.

З даних компонентів складаються загальні бали, які фіксуються в журналі викладача.

Оцінювання рівня засвоєння теоретичних знань здобувачів проводиться під час опитування по теоретичним матеріалам та за результатами захисту звітів з практичних робіт.

Модульний контроль здійснюється після закінчення змістового модуля. Модульний контроль передбачає врахування результатів поточного контролю (теоретичних знань, виконання практичних робіт) і результатів контрольно-модульної роботи.

Для оцінювання успішності здобувачів використовується модульно-рейтингова система, яка передбачає розподіл балів за виконання усіх запланованих видів робіт. Максимальну кількість 100 балів за опановану дисципліну здобувач отримує при умові його бездоганного виконання. Ця сума складається з балів, які здобувач поступово накопичує за усні відповіді, виконання контрольно-модульних робіт та за виконання практичних робіт. Критерії оцінки кожного модуля наведені в таблиці.

Вид навчальної роботи	Максимальна кількість балів
Змістові модулі № 1,2	
Поточний контроль:	
- поточний усний контроль	29
- практичні роботи	21
Контрольно-модульні роботи № 1,2	20
Екзамен	30
Всього за семестр	100

Контрольно-модульна робота складається з теоретичних питань. Вона може бути оцінена з максимальною кількістю балів – 10, при найвищій якості її виконання. При зниженні якості КМР зменшується і сума балів відповідно до шкали, що наведена в таблиці.

Відсоток правильних відповідей	0-34	35-59	60-73	74-81	82-89	90-100
Сума балів за КМР	0	2	4	6	8	10

Практичні роботи у будь-якому модулі відображають оволодіння навичками та вміння застосовувати знання на практиці. При зниженні якості виконання тієї чи іншої практичної роботи, знижується і кількість балів, якою вони оцінюються.

Оцінювання практичних робіт ведеться з наступними показниками:

- своєчасність виконання завдання (у тиждень згідно із графіком робіт);
- своєчасність захисту (у тиждень наступний за тижнем планового виконання завдання);
- якість звіту (відповідність вимогам до змісту та оформлення);

– підготовленість здобувача до захисту завдання (його спроможність грамотно прокоментувати свою роботу та відповісти на додаткові питання).

Кожний із наведених показників оцінюється певною кількістю балів, а максимальна оцінка всієї практичної роботи (3 бали) – ця сума балів за рівень відповідей наведена в таблиці.

Кількість балів за показник							Всього
Своєчасність виконання		Своєчасність захисту		Якість звіту	Захист звіту	Самостійність виконання	
вчасно	невчасно	вчасно	невчасно				
0,5	0,25	0,5	0,25	0,5	1	0,5	3

Оцінювання усних відповідей здобувача по темах дисципліни ведеться за певною кількістю балів (максимум 29 балів) та включає в себе доповідь реферату (максимум 5 балів) усні відповіді на теми (максимум 24 бали).

Оцінка реферату (максимум 5 балів):

- своєчасність виконання реферату (згідно із графіком робіт чи встановленим терміном виконання викладачем) (максимум 0,5 балу);
- якість підготовки та оформлення реферату (відповідність вимогам до змісту та оформлення) (максимум 0,5 балу);
- підготовленість здобувача до захисту завдання (його спроможність грамотно доповісти прокоментувати свою роботу та відповісти на додаткові питання) (максимум 4 балів).

Оцінка усної відповіді (максимум 3 бали):

- повнота розкриття питань – 2 бал;
- логіка викладання, культура мови – 1 бал.

Підсумковий контроль складається з результатів модульного контролю, поточного контролю

Семестровий контроль здійснюється в письмовій формі по білетах. Зміст і структура екзаменаційних білетів та критерії оцінювання обговорюються та визначаються рішенням кафедри.

Зміст питань комплексу екзаменаційних білетів (контрольних завдань) має повністю охоплювати робочу навчальну програму дисципліни або її частину, яка вноситься на семестровий контроль, та забезпечувати перевірку всіх знань, навичок і умінь відповідного рівня, що передбачені програмою. Кількість екзаменаційних білетів для усного екзамену має перевищувати кількість здобувачів у навчальній групі не менше, ніж на 5.

Критерії оцінювання екзамену (відповіді здобувача) мають враховувати, насамперед, її повноту і правильність, а також здатність здобувача: узагальнювати отримані знання; застосовувати правила, принципи, закони в конкретних ситуаціях; аналізувати та оцінювати факти, інтерпретувати схеми, графіки; викладати матеріал чітко, логічно, послідовно.

Складові оцінювання відповіді здобувача на екзамені при максимальній кількості (30 балів):

- повнота розкриття питань білету – 6 балів;
- логіка викладання, культура мови – 6 балів;
- правильний вибір формул та їх написання – 6 балів;
- обґрунтованість вибору та аналізу систем накопичення електричної енергії – 6 балів;
- аналітичність міркування, вміння робити порівняння, правильний і обґрунтований висновок – 6 балів.

Семестровий контроль реалізується через визначення кількості набраних балів з дисципліни за семестр та визначення оцінки якості засвоєння дисципліни згідно шкали оцінок:

Шкала оцінок якості засвоєння навчального матеріалу

Національна шкала успішності	Оцінка ECTS	Визначення ECTS	100-бальна система оцінювання
відмінно	<i>A</i>	ВІДМІННО – відмінне виконання лише з незначними помилками	90-100
добре	<i>B</i>	ДУЖЕ ДОБРЕ – вище середнього рівня з кількома помилками	80-89
	<i>C</i>	ДОБРЕ – в цілому правильна робота з певною кількістю грубих помилок	71-79
задовільно	<i>D</i>	ЗАДОВІЛЬНО – непогано, але зі значною кількістю недоліків	61-70
	<i>E</i>	ДОСТАТНЬО – виконання задовольняє мінімальні потреби	50-60
незадовільно	<i>FX</i>	НЕЗАДОВІЛЬНО – із можливістю повторного складання	30-49
	<i>F</i>	НЕЗАДОВІЛЬНО – з обов'язковим повторним вивченням модуля	0-29

Перелік питань для підсумкового контролю знань, умінь та навичок

Змістовий модуль №1

1. Дайте визначення терміну «Системи накопичення електричної енергії».
2. Наведіть основні показники класифікації накопичувачів електричної енергії.
3. Назвіть типи накопичувачів електричної енергії.
4. Вкажіть основні відмінності накопичувачів електричної енергії.
5. Наведіть приклади вимог щодо технічних показників накопичувачів електричної енергії.
6. Назвіть основні визначення систем накопичення електричної енергії.
7. Яка класифікація систем накопичення електричної енергії?
8. Які існують габарити акумуляторів?

9. Які історичні передумови використання акумуляторних батарей?
10. Які етапи розвитку систем накопичення енергії
11. Які систем накопичення електричної енергії ви знаєте?
12. Які світові тенденції розвитку та застосування систем накопичення електричної енергії?
13. Опишіть конструкцію свинцево-кислотної акумуляторної батареї.
14. Який принцип роботи свинцево-кислотної акумуляторної батареї?
15. Які особливості зарядних характеристик свинцево-кислотної акумуляторної батареї
16. У чому переваги свинцево-кислотної акумуляторної батареї?
17. Які недоліки свинцево-кислотної акумуляторної батареї?
18. Опишіть конструкцію нікель-кадмієвих акумуляторної батареї.
19. Який принцип роботи нікель-кадмієвих акумуляторної батареї?
20. Які особливості зарядних характеристик нікель-кадмієвих акумуляторної батареї
21. У чому переваги нікель-кадмієвих акумуляторної батареї?
22. Яка будова нікель-кадмієвих акумуляторної батареї?
23. Опишіть конструкцію літій-іонних акумуляторних батарей.
24. Який принцип роботи літій-іонних акумуляторних батарей?
25. Які особливості зарядних характеристик літій-іонних акумуляторної батареї?
26. У чому переваги літій-іонних акумуляторної батареї?
27. Які недоліки літій-іонних акумуляторної батареї?
28. Як залежить виконання акумуляторних батарей від середовища застосування?
29. З якою метою, на вашу думку, випускають акумуляторні батареї з різними масогабаритними характеристиками з однаковими енергетичними показниками?
30. Які ви знаєте новітні технології виконання систем накопичення електричної енергії?
31. За якими параметрами необхідно вибирати акумуляторні батареї?
32. Чи впливає оточуюче середовище на енергетичні характеристики акумуляторів, і яким чином?
33. Чи впливає оточуюче середовище на термін експлуатації акумуляторних батарей, і яким чином?
34. Які умови зберігання акумуляторів?
35. Назвіть сфери застосування накопичувачів електричної енергії.

36. Яким чином сфери застосування впливають на умови, що пред'являються системам накопичення електричної енергії?

37. Які основні правила техніки безпеки при експлуатації систем накопичення електричної енергії?

38. Які основні правила техніки безпеки при монтажу систем накопичення електричної енергії?

39. Які основні правила техніки безпеки при обслуговуванні під час експлуатації систем накопичення електричної енергії?

40. Які основні вимоги до зберігання акумуляторних батарей?

41. Охарактеризуйте проблематику паралельної роботи декількох акумуляторів на одне навантаження?

42. Які вимоги до під'єднання декількох акумуляторів в одній системі?

Змістовий модуль №2

1 Опишіть методи заряду акумуляторних батарей.

2. Які є принципи акумуляторних батарей?

3. Які особливості зарядних характеристик різних типів акумуляторних батарей?

4. У чому особливості заряду при низьких та високих температурах?

5. Яка залежність струму заряду від ємності акумуляторних батарей?

6. Опишіть пристрої для заряду акумуляторних батарей.

7. Який принцип побудови зарядних пристроїв?

8. Які особливості зарядних пристроїв нікель-кадмієві акумуляторних батарей?

9. У чому особливості зарядних пристроїв літій-іонних акумуляторних батарей?

10. У чому особливості зарядних пристроїв стартерних акумуляторних батарей?

11. Які особливості акумуляторних батарей як елементів систем тягових електротехнічних комплексів шахтних електровозів?

12. Перерахуйте характеристики тягових акумуляторних батарей.

13. Які є етапи, на які необхідно розділити отримання наступних часткових математичних моделей для аналізу властивостей АБ?

14. Як можна охарактеризувати математичну модель АБ, що характеризує властивості АБ на ділянці, обмеженій часом протікання процесів поляризації?

15. Як можна охарактеризувати математичну модель АБ, що характеризує властивості АБ як об'єкта керування, яка у складі ТЕТК?

16. Як можна охарактеризувати математичну модель АБ на ділянці часу від 0 до $t_3(t_p)$ при заданому діапазоні зміни струмів (напруги) заряду-розряду для синтезу електричної схеми заміщення?
17. Які існують можливі варіанти схемотехнічних рішень підсистем моніторингу стану тягових акумуляторних батарей шахтних контактних акумуляторних електровозів?
18. Які ви знаєте способи визначення неполадок у тягових акумуляторних батареях шахтних електровозів?
19. Які є переваги й недоліки методів вимірювання струму?
20. Які перспективи розвитку систем накопичення електричної енергії у світі?
21. Які сучасні тенденції розвитку систем накопичення електричної енергії в Україні?
22. Які загальні характеристики Smart batteries?
23. Яке місце займають системи накопичення електричної енергії в системах Smart Grid?
24. Охарактеризуйте сучасні розробки систем накопичення електричної енергії?
25. Які сучасні тенденції розвитку систем накопичення електричної енергії у світі?
26. Які сучасні тенденції розвитку систем накопичення електричної енергії у країнах Євросоюзу?
27. У які сфери відбувається впровадження систем накопичення електричної енергії в Україні?
28. У які сфери відбувається впровадження систем накопичення електричної енергії у світі?
29. У які сфери відбувається впровадження систем накопичення електричної енергії в країнах Євросоюзу?
30. За яких умов використовується заряд акумуляторів при постійній напрузі?
31. У чому особливість прискореного заряду акумуляторів?
32. У чому особливість заряду акумуляторних батарей асиметричним струмом?
33. Яка існує залежність струму заряду від ємності акумуляторних батарей?
34. Як визначається швидкість заряду акумулятора?
35. Від яких факторів залежить швидкість заряду акумулятора?
36. Які вимоги висуваються до зарядних пристроїв акумуляторів?

37. Які особливості акумуляторних батарей як елементів різних електротехнічних комплексів?
38. Від чого залежить термін експлуатації акумуляторів?
39. Які особливості систем накопичення електричної енергії в структурах розосередженої генерації?
40. Загальні характеристики Smart batteries.
41. Які країни є лідерами у світі з виробництва систем накопичення електричної енергії?
42. Які країни є лідерами у світі з впровадження систем накопичення електричної енергії?
43. Які країни є лідерами у світі з новітніх розробок систем накопичення електричної енергії?

13. Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «**Системи накопичення електричної енергії**» для здобувачів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» всіх форм навчання (розробив: професор Сінчук О.М., 2020 р.).
2. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «**Системи накопичення електричної енергії**» для здобувачів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» всіх форм навчання (розробив професор Сінчук О.М., 2020 р.).
3. Конспект лекцій з дисципліни «**Системи накопичення електричної енергії**» для здобувачів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» всіх форм навчання (розробив професор Сінчук О.М., 2020 р.).

14. Рекомендована література

Базова

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 р. // Сайт Міністерства енергетики та вугільної промисловості України: [Електронний ресурс]: <http://mpe.kmu.gov.ua>. – (Нормативний документ Мінпаливенерго України).
2. World Energy Outlook –2019, OECD/IEA, Paris.
3. Системи накопичення електричної енергії. Підручник / І.О. Сінчук, С.М. Бойко; під ред. доктора технічних наук, професора О.М. Сінчука. – Кривий Ріг, 2020. – 220 с.
4. Косенко С. "Интеллектуальное" зарядное устройство для Ni-Cd аккумуляторов. – Радио, 2004, – № 5, – с. 32-35.
5. Литий-ионные аккумуляторы ("За рубежом"). – Радио, 2001, – № 7, – с. 44, 45.

6. Сборник методических пособий по контролю состояния электрооборудования / [Составитель ОАО «ОРГРЭС» под ред. Ф.Л. Когана]. М. : Энергосервис, 1998. – 493 с.
7. Robert A. Huggins. Energy Storage. — Springer Science & Business Media, 2010-09-01. – 424 с.
8. Правила устройства электроустановок. – Х.: «Форт», 2009. - 704 с.
9. Battery monitor for Ni-Cd and Ni-MH chargers. Philips Semiconductors - preliminary specification. Dec. 1992.
10. Пугачёв Е.В. Системы шахтного электрооборудования с аккумуляторными источниками питания. Учебное пособие / Кузбасский политехнический институт – Новокузнецк, 1966. – 90 с.
11. Електрифікація гірничого виробництва. Підручник для ВНЗ: у 2-х т. – Вид. 2-ге, перероб. та допов./ За ред. Л.О. Пучкова і Г.Г. Півняка. – Д.: Нац. гірн. ун-т, 2010. – Т.2. – 599 с.

Допоміжна

1. Шелест М. Б. Основи будови та експлуатації акумуляторних батарей: навчальний посібник / М. Б. Шелест, П. І. Гайда. – Суми: Сумський державний університет, 2014. – 210 с.
2. Кедринский И. А. Li-ионные аккумуляторы: учебник / И. А. Кедринский, В. Г. Яковлев. – Красноярск : «Платина», 2002. – 268с.
3. Справочник. Березин О.К., Костиков В.Г., Шахнов В.А. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры.: М. „Три Л”. 2000. – 400 с.
4. Накопители энергии: Учеб. Пособие для вузов / Д. А. Бут, Б. Л. Алиевский, С. Р. Мизюрин, П. В. Васюкевич; Под ред. Д. А. Бута.–М.: Энергоатомиздат, 1991.–400 с.: ил.
5. Хрусталеv Д. А. Аккумуляторы. - М.: Изумруд, 2003. - 224с.: ил.
6. Білогуров В. А. Порівняння основних характеристик хімічних джерел струму різних електрохімічних систем. Сучасна спеціальна техніка № 3(50). – Київ, – 2017. – С. 124-134.
7. Таганова А. А. Герметичные химические источники тока: Элементы и аккумуляторы. Оборудование для испытаний и эксплуатации: справ. / А. А. Таганова, Ю. И. Бубнов, С. Б. Орлов / СПб. : Химиздат, 2005. – 264 с.
8. Technology Roadmap: Energy Storage. International Energy Agency, Paris, 2014. - 64 p.

15. Інформаційні ресурси

Для забезпечення студентів необхідним методичним матеріалом використовується освітній портал КНУ, де розміщені наступні методичні матеріали а саме: робоча програма дисципліни, конспект лекції, методичні вказівки для практичної та самостійної роботи, список рекомендаційної літератури. Електронна бібліотека Криворізького національного університету. – Режим доступу до електронних ресурсів: <http://lib.ktu.edu.ua/>.

16. Доповнення та зміни до робочої програми

п/п	Дата внесення змін	Зміст змін, доповнень	Підстава до внесення змін, доповнень (№ і дата наказу, рішення вченої ради, засідання кафедри, підпис завідуючого кафедрою)	Погодження випускаючої кафедри (№ і дата засідання кафедри, підпис завідуючого кафедрою)

ДОДАТОК 1

Робочий план з дисципліни «Системи накопичення електричної енергії»
Семестр 1

Вид навчальної роботи	Годин у семестрі/кредити	Тиждень														Вид підсумкового контролю		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		15	16
Лекційні заняття	32/1,0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Лабораторні роботи																		
Практичні заняття	16/0,5			2					2			4			4	4	4	
Самостійна робота	72/2,5	5	5	4	5	6	6	5	4	5	5	2	5	6	2	2	2	
Індивідуальна робота (курсова робота)																		
Проміжні форми контрольних заходів									MP1								MP2	
Всього годин/кредитів	120/4,0	7	7	8	7	8	8	7	8	7	7	8	7	8	8	8	8	екзамен

Позначки: ПК - поточний контроль; КМР - контрольна модульна робота.

Викладач: доктор техн. наук, професор Сінчук О.М.