



# ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність</i>
Статус дисципліни	<i>Обов'язкова</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>I курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>180 годин / 6 кредитів ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua">http://rozklad.kpi.ua</a></i>
Мова викладання	<i>Українська/Англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>д.т.н. Ковбаса Сергій Миколайович, 0674351881</i> Практичні: <i>д.т.н. Ковбаса Сергій Миколайович, 0674351881</i> Лабораторні: <i>д.т.н. Ковбаса Сергій Миколайович, 0674351881</i>
Розміщення курсу	

### Програма навчальної дисципліни

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

*Силабус навчальної дисципліни «Електромеханічні системи електричних транспортних засобів» складено відповідно до освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» підготовки магістрів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.*

*Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних здатностей: здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями; здатність виявляти та оцінювати ризики.*

*Предмет навчальної дисципліни – електромеханічні системи електричних транспортних засобів, які включають в себе нові електромеханічні перетворювачі, засоби силової електроніки, методи керування та обробки сигналів, а також проблематика сучасних наукових досліджень в області електромеханічних систем електричних транспортних засобів.*

***Програмні результати навчання:***

*Компетенції: (ФК2) здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та*

об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки; (ФК3) здатність здійснювати аналіз техніко економічних показників та експертизу проектно конструкторських рішень в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки; (ФК8) здатність демонструвати обізнаність та вміння використовувати нормативно-правові актів, норми, правила й стандарти в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці; (ФК9) здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем; (ФК11) здатність проектувати алгоритми робастного та адаптивного керування для електромеханічних систем автоматизації та електроприводів, розробляти оптимальні та інтелектуальні закони керування з використанням методів ідентифікації та спостереження.

**Уміння:** (PH01) відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні; (PH04) реконструювати існуючі електричні мережі, станції та підстанції, електротехнічні і електромеханічні комплекси та системи з метою підвищення їх надійності, ефективності експлуатації та продовження ресурсу; (PH06) здійснювати пошук джерел ресурсної підтримки для додаткового навчання, наукової та інноваційної діяльності; (PH11) вільно спілкуватися усно і письмово державною та іноземною мовами з сучасних наукових і технічних проблем електроенергетики, електротехніки та електромеханіки; (PH14) опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах; (PH15) синтезувати алгоритми робастного та адаптивного, векторного керування, слідувачого та програмного керування рухом.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти «Практичним курсом іншомовного ділового спілкування», оскільки значна частина новітніх технологій описується в науковій літературі англійською мовою. Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля є необхідними для подальшого проходження практики на виконання магістерської дисертації.

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

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

#### **Розділ 1. Загальні відомості про електричні транспортні засоби**

Тема 1.1. Вступ. Історія розвитку ЕТЗ. Вплив на оточуюче середовище та перспективи розвитку.

Тема 1.2. Типи та класифікація електричних транспортних засобів. ЕТЗ з батарейним або суперконденсаторним живленням. Гібридні транспортні засоби. Наземні колісні, повітряні, надводні та підводні ЕТЗ. Основні типи та класифікація.

Тема 1.3. Теоретичні основи формування тягового та гальмівного зусиль в колісних транспортних засобах.

Тема 1.4. Основи двигунів внутрішнього згорання та трансмісій.

#### **Розділ 2. Електричні транспортні засоби з кінематичною парою кочення**

Тема 2.1. Функціональна схема ЕТЗ з батарейним чи суперконденсаторним живленням. Особливості функціонування повністю електричних транспортних засобів.

Тема 2.2. Загальні відомості про акумуляторні батареї та суперконденсатори. Математичні моделі та характеристики накопичувачів енергії.

Тема 2.3. Робота електромеханічних систем ЕТЗ в режимі рекуперації. Проблема збереження та використання енергії рекуперації.

Тема 2.4. Гібридні транспортні засоби. Класифікація, основні схеми та режими роботи.

Тема 2.5. Електричні транспортні засоби з живленням від паливних елементів.

Тема 2.6. Особливості зарядної інфраструктури для електричних транспортних засобів.

Тема 2.7. Електромеханічні системи тролейбусів.

Тема 2.8. Електромеханічні системи трамвайних вагонів.

Тема 2.8. Електромеханічні системи вагонів метрополітену.

Тема 2.9. Алгоритми керування координатами тягових двигунів колісних ЕТЗ

### **Розділ 3. Розробка електромеханічних систем електричних транспортних засобів**

Тема 3.1. Функціональна схема векторно-керуваного асинхронного електроприводу.

Тема 3.2. Вимірювання струму та напруги

Тема 3.3. Вимірювання кутової швидкості та положення за допомогою фото імпульсного датчика швидкості та резольвера.

Тема 3.4. Проектування силової частини перетворювача частоти

Тема 3.5. Проектування апаратної частини керуючого контролера

Тема 3.6. Розробка загальної схеми перетворювача

Тема 3.7. Блоки живлення власних потреб. DC-DC перетворювачі

Тема 3.8. Загальні поняття про електромагнітну сумісність. Правила розташування силових та сигнальних провідників. Методи підвищення завадостійкості та захист елементів електромеханічних систем.

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

1. Загірняк М.В., Клепіков В.Б., Ковбаса С.М., Михальський В.М., Пересада С.М., Садовой О.В., Шаповал І.А. Енергоефективні електромеханічні системи широкого технологічного призначення. Київ: НАН України, 2018. 310 с.

2. Методи робастного адаптивного керування електромеханічними системами з підвищеними динамічними та енергетичними показниками: звіт про НДР. НТУУ "КПІ". № ДР 0115U000381. Київ, 2017. 506 с.

3. Розробка енергоефективної електромеханічної системи електробусу на основі адаптивного векторно-керуваного асинхронного електроприводу з акумуляторно-суперконденсаторним живленням: звіт про НДР / НТУУ "КПІ". № ДР 0117U004284. Київ, 2018. Том 1. 472 с.

4. M. Ehsani, Y. Gao, S. Longo, K. M. Ebrahimi Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles. Third edition. – CRC Press, 2018, –573p.

5. Ковбаса С. М. Розвиток теорії бездавачевого векторного керування електромеханічними системами з асинхронними двигунами.: Дис. докт. техн. наук: 05.09.03. Київ. 2020.

6. J. Larminie, J. Lowry Electric vehicle technology explained. –WILEY. 2012. –328p.

7. A. Emadi Handbook of Automotive Power Electronics and Motor Drives. –CRC Press. 2005. –668p.

8. Теорія електропривода / За ред. М.Г. Поповича.- К.: Вища школа, 1993.-494 с.

## Навчальний контент

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

#### Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Тема 1.1. Вступ. Історія розвитку ЕТЗ. Вплив на оточуюче середовище та перспективи розвитку.
2	Тема 1.2. Типи та класифікація електричних транспортних засобів. ЕТЗ з батарейним або суперконденсаторним живленням. Гібридні транспортні засоби. Наземні колісні, повітряні, надводні та підводні ЕТЗ. Основні типи та класифікація.
3	Тема 1.2. Типи та класифікація електричних транспортних засобів. ЕТЗ з батарейним або суперконденсаторним живленням. Гібридні транспортні засоби. Наземні колісні, повітряні, надводні та підводні ЕТЗ. Основні типи та класифікація.
4	Тема 1.3. Теоретичні основи формування тягового та гальмівного зусиль в колісних транспортних засобах.
5	Тема 1.4. Основи двигунів внутрішнього згорання та трансмісій.
6	Тема 2.1. Функціональна схема ЕТЗ з батарейним чи суперконденсаторним живленням. Особливості функціонування повністю електричних транспортних засобів.
7	Тема 2.2. Загальні відомості про акумуляторні батареї та суперконденсатори. Математичні моделі та характеристики накопичувачів енергії.
8	Тема 2.3. Робота електромеханічних систем ЕТЗ в режимі рекуперації. Проблема збереження та використання енергії рекуперації.
9	Тема 2.3. Робота електромеханічних систем ЕТЗ в режимі рекуперації. Проблема збереження та використання енергії рекуперації.
10	Тема 2.4. Гібридні транспортні засоби. Класифікація, основні схеми та режими роботи.
11	Тема 2.4. Гібридні транспортні засоби. Класифікація, основні схеми та режими роботи.
12	Тема 2.5. Електричні транспортні засоби з живленням від паливних елементів.
13	Тема 2.6. Особливості зарядної інфраструктури для електричних транспортних засобів.
14	Тема 2.7. Електромеханічні системи тролейбусів.
15	Тема 2.8. Електромеханічні системи трамвайних вагонів.
16	Тема 2.8. Електромеханічні системи вагонів метрополітену.
17	Тема 2.9. Алгоритми керування координатами тягових двигунів колісних ЕТЗ
18	Тема 2.9. Алгоритми керування координатами тягових двигунів колісних ЕТЗ
19	Тема 3.1. Функціональна схема векторно-керуваного асинхронного електроприводу.
20	Тема 3.2. Вимірювання струму та напруги
21	Тема 3.3 Вимірювання кутової швидкості та положення за допомогою фото імпульсного датчика швидкості та резольвера
22	Тема 3.4. Проектування силової частини перетворювача частоти
23	Тема 3.4. Проектування силової частини перетворювача частоти
24	Тема 3.5. Проектування апаратної частини керуючого контролера
25	Тема 3.6. Розробка загальної схеми перетворювача.
26	Тема 3.7. Блоки живлення власних потреб. DC-DC перетворювачі.

27	Тема 3.8. Загальні поняття про електромагнітну сумісність. Правила розташування силових та сигнальних провідників. Методи підвищення завадостійкості та захист елементів електромеханічних систем.
----	--

#### Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Видача завдання на курсовий проект
2	Розрахунок потужності двигуна електричного транспортного засобу
3	Розрахунок потужності та конфігурації акумуляторної батареї
4	Розрахунок ємності та конфігурації батареї суперконденсаторів
5	Розрахунок запасу ходу електричного транспортного засобу з різними конфігураціями енергообміну
6	Розрахунок основних елементів силового перетворювача електричних транспортних засобів.
7	Розрахунок основних елементів керуючого контролера тягового електроприводу.
8	Ознайомлення з дослідними зразками тягових електроприводів, експериментальні дослідження їх роботи.
9	Модульна контрольна робота

#### Лабораторні роботи

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Дослідження систем керування координатами тягових асинхронних двигунів.
2	Дослідження систем керування координатами тягових синхронних двигунів.
3	Дослідження роботи акумуляторних батарей та суперконденсаторів.
4	Дослідження систем енергоефективного векторного керування моментом асинхронного двигуна.
5	Дослідження особливостей вимірювання кутової швидкості.
6	Дослідження особливостей формування широтно-імпульсної модуляції.
7	Дослідження особливостей вимірювання сигналів струмів та напруг.
8	Дослідження динаміки електричного транспортного засобу.
9	Дослідження процесів енергообміну в гібридних джерелах живлення.

#### 6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	65
3	Підготовка до МКР	10
4	Підготовка до заліку	15



## 6. Контрольні роботи

Метою контрольних робіт є закріплення та перевірка теоретичних знань із кредитного модуля, набуття студентами практичних навичок самостійного вирішення задач.

Проводиться одна модульна контрольна робота (МКР) Основні варіанти завдань.

1. Розкрити призначення блоків функціональної схеми перетворювача частоти.
2. Розкрити функціональну схему та особливості роботи електромобіля.
3. Розкрити функціональну схему та особливості роботи тролейбуса.
4. Розкрити функціональну схему та особливості роботи трамвайного вагону.
5. Розкрити функціональну схему та особливості роботи гібридного автомобіля.

## Політика та контроль

### 7. 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;

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

- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Електромеханічні системи електричних транспортних засобів»;

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

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

**Поточний контроль:** експрес-опитування, МКР, робота на практичних та лабораторних заняттях.

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

**Семестровий контроль:** залік.

**Умови допуску до семестрового контролю:** семестровий рейтинг більше 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

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

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

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
- робота на практичних заняттях;
- виконання та захист лабораторних робіт;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).

Експрес-опитування	Робота на практичних заняттях	Лабораторні заняття	МКР
27	9	36	28

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

Ваговий бал 1. Максимальна кількість балів на всіх лекціях – 1 бал \* 27 = 27 балів.

#### **Критерії оцінювання**

- правильні відповіді на окремі питання з місця – 1 бал;
- частково вірна відповідь – 0.5 балів;
- невірна відповідь – 0 балів;

#### **Робота на практичних заняттях**

Ваговий бал –1. Максимальна кількість балів на всіх заняттях – 1 балів \* 9 = 9 балів.

#### **Критерії оцінювання**

- самостійне розв'язання задачі, вільне володіння темою заняття –1;
- розв'язання задачі за допомогою викладача, володіння окремими розділами теми заняття – 0.5;
- незадовільна робота на занятті – 0.

#### **Лабораторні роботи**

Ваговий бал –4.

Максимальна кількість балів на всіх лабораторні роботи – 4 бали \* 9 = 36 балів.

#### **Критерії оцінювання**

- повне і вчасне виконання роботи – 2 бали;
- неповне виконання роботи – 1 бал;
- вчасний захист роботи на наступному занятті з повними відповідями на запитання (до 3-х запитань) – 2 бали;
- невчасний захист роботи з повними відповідями на запитання – 1 бал;
- невчасний захист роботи та незадовільні відповіді на запитання – 0 балів.

#### **Модульна контрольна робота**

Ваговий бал МКР – 28.

Максимальний бал за МКР – 28.

#### **Критерії оцінювання**

- повна відповідь на запитання (більше 90% матеріалу) 25 – 28 балів;
- неповна відповідь на запитання (від 50 до 90% матеріалу) - 14 – 24 балів;
- відповідь містить менше 50 % необхідної інформації – 0 балів;

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

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

Максимальна сума балів складає 100. Необхідною умовою допуску до заліку є повний конспект лекцій, виконані та захищені лабораторні роботи. Для отримання заліку з кредитного модулю «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів, а також виконані умови допуску до заліку.

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити свою оцінку в системі ECTS, виконують залікову контрольну роботу. При цьому набрані бали студентом анулюються, а оцінка за залікову контрольну роботу є остаточною.

Залікова робота складається з двох теоретичних запитань, одне з яких може бути замінене на задачу.

#### **Критерії оцінювання заліку**

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

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

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

1. Функціональна схема векторно-керованого асинхронного електроприводу. Призначення елементів.
2. Функціональна схема векторно-керованого асинхронного електроприводу. Опис роботи.
3. Основні відмінності між схемами перетворювачів для систем частотного та векторного керування.
4. Залежність перевантажувальної здатності перетворювачів від сфери їх застосування.
5. Електромеханічна система тролейбуса з асинхронним двигуном.
6. Електромеханічна система трамвайного вагону на основі двигунів змінного струму.
7. Електромеханічні системи вагонів метрополітену.
8. Електромеханічні системи електробусів.
9. Загальні відомості про накопичувачі енергії електричних транспортних засобів.



10. Гібридні джерела живлення електричних транспортних засобів.
11. Основи теорії руху колісних транспортних засобів.
12. Сучасні електромеханічні перетворювачі електричних транспортних засобів.
13. Напівпровідникові пристрої для силових перетворювачів електромеханічних систем електричних транспортних засобів.
14. Пояснити на прикладах, в яких механізмах необхідно застосовувати системи частотного, векторного бездатчикового, та векторного датчикового керування.
15. Основні відомості про фото-імпульсні датчики швидкості.
16. Основні способи передачі сигналів від фото імпульсних датчиків швидкості.
17. Обробка сигналів від фото-імпульсних датчиків швидкості на апаратному рівні.
18. Обробка сигналів від фото-імпульсних датчиків швидкості на програмному рівні.
19. Основні відомості про датчики струму.
20. Принцип роботи датчиків струму з використанням ШІМ.
21. Датчики струму на основі опторозв'язаних АЦП-ЦАП.
22. Пояснити принцип роботи датчиків струму та напруги на ефекті Холла.
23. Кондиціонування сигналів від датчиків струму.
24. Програмна обробка сигналів від датчиків струму.
25. Основні відомості про датчики напруги.
26. Кондиціонування сигналів від датчиків постійної та змінної напруги.
27. Варіанти побудови зарядного кола ємності фільтра ланки постійного струму.
28. Вибір зарядного реле та резистора.
29. Розрахунок ємності фільтра ланки постійного струму.
30. Розрахунок гальмівного резистора.
31. Обґрунтувати, в яких випадках необхідно встановлювати гальмівний резистор.
32. Розрахунок ключа клампера.
33. Розрахунок та вибір вхідного випрямляча.
34. Призначення фільтру радіочастот.
35. Призначення вихідного фільтру перетворювачів частоти.
36. Пояснити призначення зарядного кола ємності фільтра ланки постійного струму.
37. Розрахунок та вибір силових ключів інвертора.
38. Пояснити що таке «інтелектуальний силовий модуль».
39. Пояснити переваги та недоліки схем силової частини, які побудовані на дискретних елементах та з використанням «інтелектуальних модулів».
40. Пояснити призначення драйверів.
41. Основні схеми захисту інверторів.
42. Пояснити принцип роботи драйверів зі зміщенням напруги.
43. Використання опторозв'язки в колах імпульсів керування ключами інвертора.
44. Пояснити принцип роботи імпульсних джерел живлення.
45. Пояснити необхідність підключення входу джерела живлення системи керування перетворювача до ланки постійного струму.
46. Які функції покладені на керуючий контролер перетворювача частоти?
47. Пояснити, чому в сучасних електроприводах в основному застосовуються цифрові сигнальні процесори.
48. Функціональна схема типового керуючого контролера.
49. Дати опис мінімального набору сигналів, які необхідні для керування перетворювачем частоти.
50. Особливості проектування мікропроцесорних систем керування електроприводами.
51. Розділення аналогових і цифрових сигналів.
52. Розділення слаботочних та силових кіл.
53. Організація схем дискретних виходів.
54. Організація схем дискретних входів.
55. Аналогові входи перетворювачів частоти.

56. Реалізація аналогового виходу перетворювача частоти.
57. Організація комунікаційного інтерфейсу RS-485
58. Організація комунікаційного інтерфейсу CAN
59. Організація живлення контролера.
60. Особливості застосування лінійних та імпульсних регуляторів.
61. Особливості застосування DC-DC перетворювачів.
62. Захист перетворювачів та двигунів від перегріву.
63. Зовнішні підключення перетворювачів.
64. Особливості проектування перетворювачів для систем векторного керування.
65. Вибір драйверів для силових ключів IGBT.
66. Пояснити призначення блокуючи конденсаторів на виводах живлення мікросхем.
67. Пояснити необхідність розділення цифрової та аналогової «землі»
68. Пояснити необхідність гальванічної розв'язки між силовою та керуючою частинами.
69. Втрати в напівпровідниках та охолодження перетворювачів.

**Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 від 01.10.2020 Про затвердження положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ, НАБУТИХ У НЕФОРМАЛЬНІЙ/ІНФОРМАЛЬНІЙ ОСВІТІ**

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

**Складено** доцентом кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА, д.т.н. Ковбасою С. М.

**Ухвалено** кафедрою автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА (протокол № 11 від 15.06.2022 р.)

**Погоджено** Методичною комісією факультету<sup>1</sup> (протокол № 10 від 16.06.2022)

---

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