



# СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ 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 (нормативна)</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>I курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>210 годин / 7 кредитів ECTS (72 години лекцій, 18 годин практичних занять, 18 годин лабораторних робіт)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/МКР</i>
Розклад занять	<i>2 лекції (4 години) 1 раз на тиждень, 1 практичне заняття (2 години) 1 раз на 2 тижні, 1 лабораторна робота (2 години) 1 раз на 2 тижні,</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н. Ковбаса Сергій Миколайович, 0674351881 Практичні: д.т.н. Ковбаса Сергій Миколайович, 0674351881 Лабораторні: д.т.н. Ковбаса Сергій Миколайович, 0674351881</i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://classroom.google.com/c/NTkxMzgzMdMyOTU3?cjc=shymmal">https://classroom.google.com/c/NTkxMzgzMdMyOTU3?cjc=shymmal</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

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

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

*ЗК01. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.*

*ЗК02. Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій.*

*ЗК03. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.*

*ЗК05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.*

*ЗК09. Здатність виявляти зворотні зв'язки та корегувати свої дії з їх врахуванням*

ФК13. Здатність демонструвати обізнаність та вміння використовувати нормативно-правові актів, норми, правила й стандарти в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці

ФК14. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем

ФК21. Здатність розробляти та досліджувати системи керування електричними транспортними засобами з використанням новітніх технологій.

ФК22. Здатність до виконання дослідно-конструкторських робіт, що передбачають розробку нових та модернізацію існуючих електромеханічних систем автоматизації та електроприводів.

**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.

#### **Результати навчання:**

ПРН02. Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні.

ПРН03. Опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

ПРН06. Реконструювати існуючі електричні мережі, станції та підстанції, електротехнічні і електромеханічні комплекси та системи з метою підвищення їх надійності, ефективності експлуатації та продовження ресурсу.

ПРН25. Розробляти інтелектуальні системи автоматичного керування, нові алгоритми керування електромеханічними та електротехнічними системами.

ПРН26. Застосовувати методи оптимізованого та прогнозного керування при розробці нових електромеханічних систем автоматизації та електроприводів, систем керування електричними транспортними засобами.

ПРН27. Розуміти процеси накопичення та перетворенням енергії у електричному транспорті та проектувати на їх основі мікроконтролерні системи керування та електроприводи для тролейбусів, трамваїв та вагонів метрополітену.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти базовим рівнем англійської мови, 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. Типи та класифікація електричних транспортних засобів.

Тема 1.2. Електричні двигуни та джерела живлення електричних транспортних засобів.

Тема 1.3. Основи двигунів внутрішнього згорання та трансмісій.

Тема 1.4. Гібридні транспортні засоби. Класифікація, основні схеми та режими роботи.

Тема 1.5. Електричні транспортні засоби з живленням від паливних елементів.

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

Тема 2.1. Теоретичні основи формування тягового та гальмівного зусиль в колісних транспортних засобах.

Тема 2.2. Теоретичні основи створення тягового зусилля в кінематичній парі кочення. Поняття про ABS/ASR.

Тема 2.3. Функціональна схема ЕТЗ з батарейним чи суперконденсаторним живленням. Особливості функціонування повністю електричних транспортних засобів.

Тема 2.4. Робота електромеханічних систем ЕТЗ в режимі рекуперації. Проблема збереження та використання енергії рекуперації.

Тема 2.5. Електричні транспортні засоби з живленням від гібридних джерел електроенергії.

Тема 2.6. Силові DC-DC перетворювачі для електричних транспортних засобів.

Тема 2.7. Розрахунок потужності приводного електродвигуна для ЕТЗ.

Тема 2.8. Розрахунок параметрів джерела живлення ЕТЗ.

Тема 2.9. Електромеханічні системи тролейбусів.

Тема 2.10. Електромеханічні системи трамвайних вагонів.

Тема 2.11. Підсистема автоматизації пасажирських транспортних засобів.

Тема 2.12. Алгоритми керування координатами асинхронних тягових двигунів ЕТЗ

Тема 2.13. Алгоритми керування координатами синхронних двигунів з постійними магнітами.

Тема 2.14. Реалізація функцій круїз контролю, обмеження швидкості, утримання на схилі та ASR засобами тягового електроприводу.

## **Розділ 3. Основи розробки електромеханічних систем електричних транспортних засобів**

Тема 3.1. Уніфікована функціональна схема електроприводу на базі автономного інвертора напруги на IGBT/MOSFET транзисторах.

Тема 3.2. Проектування силової частини перетворювача частоти.

Тема 3.3. Методи та елементна база для вимірювання струму та напруги.

Тема 3.4. Вимірювання кутової швидкості та положення за допомогою фото імпульсного датчика швидкості та резольвера.

Тема 3.5. Основні поняття про блоки живлення власних потреб. Бортова мережа та DC-DC перетворювачі.

Тема 3.6. Загальні поняття про електромагнітну сумісність. Правила розташування силових та сигнальних провідників. Методи підвищення заводостійкості та захист елементів електромеханічних систем.

Тема 3.7. Проектування апаратної частини керуючого контролера.

Тема 3.8. Широтно-імпульсна модуляція в системах керування ЕТЗ.

Тема 3.9. Особливості архітектури програмного забезпечення для систем керування ЕТЗ.

#### 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 "КПИ". № ДР 0115U000381. Київ, 2017. 506 с.
3. Розробка енергоефективної електромеханічної системи електробусу на основі адаптивного векторно-керованого асинхронного електроприводу з акумуляторно-суперконденсаторним живленням: звіт про НДР / НТУУ "КПИ". № 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.
9. Markus Junger Introduction to J1939. Application Note AN-ION-1-3100.

#### 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)
<b>Розділ 1. Загальні відомості про електричні транспортні засоби</b>	
1	Тема 1.1. Вступ. Історія розвитку ЕТЗ. Вплив на оточуюче середовище та перспективи розвитку. Типи та класифікація електричних транспортних засобів.
2	Тема 1.2. Електричні двигуни та джерела живлення електричних транспортних засобів.
3	Тема 1.3. Основи двигунів внутрішнього згорання та трансмісій.
4	Тема 1.4. Гібридні транспортні засоби. Класифікація, основні схеми та режими роботи.
5	Тема 1.5. Електричні транспортні засоби з живленням від паливних елементів.
<b>Розділ 2. Електричні транспортні засоби з кінематичною парою кочення</b>	
6	Тема 2.1. Теоретичні основи формування тягового та гальмівного зусиль в колісних транспортних засобах.
7	Тема 2.2. Теоретичні основи створення тягового зусилля в кінематичній парі кочення. Поняття про ABS/ASR.
8	Тема 2.3. Функціональна схема ЕТЗ з батарейним чи суперконденсаторним живленням. Особливості функціонування повністю електричних транспортних засобів.
9	Тема 2.4. Робота електромеханічних систем ЕТЗ в режимі рекуперації. Проблема

	збереження та використання енергії рекуперації.
10	Тема 2.5. Електричні транспортні засоби з живленням від гібридних джерел електроенергії.
11	Тема 2.6. Силві DC-DC перетворювачі для електричних транспортних засобів.
12	Тема 2.7. Розрахунок потужності приводного електродвигуна для ЕТЗ.
13	Тема 2.8. Розрахунок параметрів джерела живлення ЕТЗ.
14	Тема 2.9. Електромеханічні системи троллейбусів.
15	Тема 2.10. Електромеханічні системи трамвайних вагонів.
16	Тема 2.11. Підсистема автоматизації пасажирських транспортних засобів.
17	Тема 2.12. Алгоритми керування координатами асинхронних тягових двигунів ЕТЗ
18	Тема 2.13. Алгоритми керування координатами синхронних двигунів з постійними магнітами.
19	Тема 2.14. Реалізація функцій круїз контролю, обмеження швидкості, утримання на схилі та ASR засобами тягового електроприводу.
<b>Розділ 3. Основи розробки електромеханічних систем електричних транспортних засобів</b>	
21	Тема 3.1. Уніфікована функціональна схема електроприводу на базі автономного інвертора напруги на IGBT/MOSFET транзисторах.
22	Тема 3.2. Проектування силової частини перетворювача частоти. Розрахунок та вибір силових елементів ланки постійного струму перетворювача.
23	Тема 3.2. Проектування силової частини перетворювача частоти. Поняття драйверів силових ключів. Основні конфігурації драйверів. Розрахунок та вибір.
24	Тема 3.2. Проектування силової частини перетворювача частоти. Основні варіанти побудови схемотехнічних рішень автономних інверторів напруги.
25	Тема 3.3. Методи та елементна база для вимірювання струму та напруги. Датчики струму та напруги на основі ефекту Холла. Розрахунок, вибір та застосування.
26	Тема 3.3. Методи та елементна база для вимірювання струму та напруги. Гальванічно розв'язані датчики струму і напруги на основі інтегральних схем.
27	Тема 3.4 Вимірювання кутової швидкості та положення за допомогою фото імпульсного датчика швидкості та резольвера.
28	Тема 3.5. Основні поняття про блоки живлення власних потреб. Бортова мережа та DC-DC перетворювачі.
29	Тема 3.6. Загальні поняття про електромагнітну сумісність. Правила розташування силових та сигнальних провідників. Методи підвищення завадостійкості та захист елементів електромеханічних систем.
30	Тема 3.7. Проектування апаратної частини керуючого контролера. Вибір мікроконтролера та конфігурування його виводів. Живлення та генерування тактової частоти. Узгодження рівнів сигналів.
31	Тема 3.7. Проектування апаратної частини керуючого контролера. Організація підсистеми дискретного вводу виводу, підключення периферійних модулів.
32	Тема 3.7. Проектування апаратної частини керуючого контролера. Організація комунікаційних інтерфейсів.
33	Тема 3.8. Широтно-імпульсна модуляція в системах керування ЕТЗ. Широтно-імпульсна модуляція в колах постійного струму. Керування H-мостом.

34	Тема 3.8. Широтно-імпульсна модуляція в системах керування ЕТЗ. Скалярна та векторна широтно-імпульсна модуляція для автономних інверторів напруги.
35	Тема 3.9. Особливості архітектури програмного забезпечення для систем керування ЕТЗ. Структура програмного забезпечення реального часу. Синхронізація процесів керування та обробки сигналів.
36	Тема 3.9. Особливості архітектури програмного забезпечення для систем керування ЕТЗ. Обробка та формування сигналів в електромеханічних системах електричних транспортних засобів. Особливості реалізації захисних функцій та телеметрії.

#### 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, їх елементною базою.
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	68
3	Підготовка до МКР	4
4	Підготовка до екзамену	30

### 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. Пояснити основні формули, що описують зусилля, що діють на транспортний засіб.
6. Методика розрахунку потужності тягового двигуна.
7. Методика розрахунку параметрів акумуляторної батареї.
7. Методика розрахунку параметрів суперконденсатора.

## 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 проходив або не з'явився на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено;

- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому

числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Системи керування 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 (PCO)

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

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

**Семестровий контроль:** екзамен.

**Умови допуску до семестрового контролю:** семестровий рейтинг більше 25 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	Екзамен
18	9	18	5	50

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

Ваговий бал 1. Максимальна кількість балів на всіх лекціях – 0.5 бала \* 36 = 18 балів.

#### Критерії оцінювання

- правильні відповіді на окремі питання з місця – 0.5 бала;
- частково вірна відповідь – 0.1-0.4 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 – 2.

Максимальна кількість балів на всіх лабораторні роботи –  
2 бали \* 9 = 18 балів.

#### **Критерії оцінювання**

##### **1. Виконання:**

- повне і вчасне виконання роботи – 1 бали;
- неповне виконання роботи – 0,5 бала;

##### **2. Підсумковий бал (виконання та захист):**

- вчасний захист роботи на наступному занятті з повними відповідями на запитання (до 3-х запитань) – 1 бал;
- невчасний захист роботи з повними відповідями на запитання – 0,5 бала;
- невчасний захист роботи та незадовільні відповіді на запитання – 0 балів.

### **Модульна контрольна робота**

Ваговий бал МКР – 5.

Максимальний бал за МКР – 5.

#### **Критерії оцінювання**

- повна відповідь на запитання (більше 90% матеріалу) 25 – 5 балів;
- неповна відповідь на запитання (від 50 до 90% матеріалу) - 3 - 4 бали;
- 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 – екзамен**

Максимальна сума балів за роботу у семестрі складає 50. Необхідною умовою допуску до екзамену виконані та захищені лабораторні роботи, семестровий рейтинг не менше 25 балів.

Екзамен містить дві складові: теоретичну та практичну. **Теоретична складова** направлена на перевірку набутих в результаті вивчення освітнього компонента знань студентів у вигляді двох теоретичних запитань за лекційним матеріалом семестру. Максимальна кількість балів за кожне запитання складає 15 балів. **Практична складова** передбачає перевірку набутих студентами умінь проєктувати та перевіряти відповідно до умов завдання з розробки систем електричних транспортних засобів. Кожному студенту надається окрема практична задача відповідно до умов якої необхідно скласти схему електричну принципову, або розрахувати параметри/визначити характеристики підсистеми обробки сигналів електромеханічних систем. Максимальна кількість балів за задачу складає 20 балів.

#### **Критерії оцінювання теоретичної складової**

- повна відповідь на запитання – 15 балів;
- повна відповідь з незначними неточностями – 12-14 балів.
- неповна відповідь на запитання або суттєві неточності – 7-11 балів.
- відповідь менше 50 % або невірна відповідь – 0 балів.

#### **Критерії оцінювання практичної складової**

- вірно розв'язана задача з усіма необхідними поясненнями – 20 балів;
- хід розв'язку вірний, проте допущені помисли в підрахунках – 17-19 балів;
- хід розв'язку загалом вірний, проте допущені неточності – 10-16 балів;
- невірний розв'язок – 0 балів.

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

### Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

1. Загальні відомості про електричні транспортні засоби.
2. Переваги та недоліки електричних транспортних засобів.
3. Функціональна схема векторно-керованого асинхронного електроприводу. Призначення елементів.
4. Функціональна схема векторно-керованого асинхронного електроприводу. Опис роботи.
5. Основні відмінності між схемами перетворювачів для систем частотного та векторного керування.
6. Залежність перевантажувальної здатності перетворювачів від сфери їх застосування.
7. Електромеханічна система тролейбуса з асинхронним двигуном.
8. Електромеханічна система трамвайного вагону на основі двигунів змінного струму.
9. Електромеханічні системи електробусів.
10. Методика розрахунку параметрів акумуляторної батареї.
11. Методика розрахунку параметрів суперконденсатора.
12. Методика розрахунку потужності тягового двигуна.
13. Пояснити основні формули, що описують зусилля, що діють на транспортний засіб.
14. Загальні відомості про накопичувачі енергії електричних транспортних засобів.
15. Гібридні джерела живлення електричних транспортних засобів.
16. Основи теорії руху колісних транспортних засобів.
17. Алгоритми керування тяговими асинхронними двигунами.
18. Алгоритми керування тяговими синхронними двигунами.
19. Проблема рекуперації енергії в тяговому електроприводі.
20. Ослаблення поля в тяговому електроприводі.
21. Сучасні електромеханічні перетворювачі електричних транспортних засобів.
22. Напівпровідникові пристрої для силових перетворювачів електромеханічних систем електричних транспортних засобів.
23. Використання комунікаційних інтерфейсів в електричних транспортних засобах.
24. Основні відомості про транспортний комунікаційний стандарт SAE J1939.
25. Пояснити на прикладах, в яких механізмах необхідно застосовувати системи частотного, векторного бездатчикового, та векторного датчикового керування.
26. Основні відомості про фото-імпульсні датчики швидкості.
27. Основні способи передачі сигналів від фото імпульсних датчиків швидкості.
28. Обробка сигналів від фото-імпульсних датчиків швидкості на апаратному рівні.
29. Обробка сигналів від фото-імпульсних датчиків швидкості на програмному рівні.
30. Основні відомості про датчики струму.
31. Принцип роботи датчиків струму з використанням ШІМ.
32. Датчики струму на основі опторозв'язаних інтегральних схем.
33. Пояснити принцип роботи датчиків струму та напруги на ефекті Холла.
34. Кондиціонування сигналів від датчиків струму.
35. Програмна обробка сигналів від датчиків струму.
36. Основні відомості про датчики напруги.
37. Кондиціонування сигналів від датчиків постійної та змінної напруги.

38. Варіанти побудови зарядного кола ємності фільтра ланки постійного струму.
39. Вибір зарядного реле та резистора.
40. Розрахунок ємності фільтра ланки постійного струму.
41. Розрахунок гальмівного резистора.
42. Обґрунтувати, в яких випадках необхідно встановлювати гальмівний резистор.
43. Розрахунок ключа клампера.
44. Розрахунок та вибір вхідного випрямляча.
45. Призначення фільтру радіочастот.
46. Призначення вихідного фільтру перетворювачів частоти.
47. Пояснити призначення зарядного кола ємності фільтра ланки постійного струму.
48. Розрахунок та вибір силових ключів інвертора.
49. Пояснити що таке «інтелектуальний силовий модуль».
50. Пояснити переваги та недоліки схем силової частини, які побудовані на дискретних елементах та з використанням «інтелектуальних модулів».
51. Пояснити призначення драйверів.
52. Основні схеми захисту інверторів.
53. Пояснити принцип роботи драйверів з «плаваючими» конденсаторами.
54. Використання опторозв'язки в колах імпульсів керування ключами інвертора.
55. Пояснити принцип роботи імпульсних джерел живлення.
56. Пояснити необхідність підключення входу джерела живлення системи керування перетворювача до ланки постійного струму.
57. Які функції покладені на керуючий контролер перетворювача частоти?
58. Пояснити, чому в сучасних електроприводах в основному застосовуються цифрові сигнальні процесори.
59. Функціональна схема типового керуючого контролера.
60. Дати опис мінімального набору сигналів, які необхідні для керування перетворювачем частоти.
61. Особливості проектування мікропроцесорних систем керування електроприводами.
62. Розділення аналогових і цифрових сигналів.
63. Організація схем дискретних виходів.
64. Організація схем дискретних входів.
65. Аналогові входи перетворювачів частоти.
66. Реалізація аналогового виходу перетворювача частоти.
67. Організація комунікаційного інтерфейсу RS-485
68. Організація комунікаційного інтерфейсу CAN
69. Організація живлення контролера.
70. Особливості застосування лінійних та імпульсних регуляторів напруги.
71. Особливості застосування DC-DC перетворювачів.
72. Захист перетворювачів та двигунів від перегріву.
73. Зовнішні підключення перетворювачів.
74. Скалярна широтно-імпульсна модуляція.
75. Векторна широтно-імпульсна модуляція.
76. Особливості проектування перетворювачів для систем векторного керування.
77. Вибір драйверів для силових ключів IGBT.
78. Пояснити призначення блокуючих конденсаторів на виводах живлення мікросхем.
79. Пояснити необхідність розділення цифрової та аналогової «землі»
80. Пояснити необхідність гальванічної розв'язки між силовою та керуючою частинами.

**10. 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 21.06.2023 р.)

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

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