



ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ НЕПЕРЕРВНОГО ТРАНСПОРТУ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</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>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>IV курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин / 4 кредитів ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к. т. н., проф. Печеник Микола Валентинович, 0677831011 Практичні заняття: Землянхуїна Ганна Юріївна, 0973875085</i>
Розміщення курсу	<i>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=321</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Силабус навчальної дисципліни «Електромеханічні системи неперервного транспорту» складено відповідно до освітньої програми «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» підготовки бакалаврів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

***Метою навчальної дисципліни** є посилення у студентів наступних здатностей: (K02) Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; (K03) Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово; (K05) Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; (K06) Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми; (K07) Здатність працювати в команді; (K08) Здатність працювати автономно; (K15) Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електромеханічних систем складних технологічних об'єктів; (K17) Здатність розробляти проекти електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування із дотриманням вимог законодавства, стандартів і технічного завдання; K19. Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування; (K20) Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в*

електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці; (K21) Здатність оперативно вживати ефективні заходи в умовах надзвичайних (аварійних) ситуацій в електроенергетичних та електромеханічних системах; (K23) Здатність застосовувати пакети моделюючих програм для аналізу, синтезу та дослідження електромеханічних систем автоматизації та електроприводів; (K25); Здатність здійснювати розрахунки механічної частини електропривода, механічних перехідних процесів, розр; K26. Здатність вирішувати комплексні проблеми, що пов'язані із керуванням автоматизованими електроприводами різноманітних технологічних застосувань .

Предмет навчальної дисципліни – поглиблені методи аналізу та дослідження режимів роботи електромеханічних систем безперервного транспорту з врахування вимог та особливості побудові та експлуатації промислових технологічних комплексів, при проектуванні складних електроприводів механізмів типового технологічного призначення

Програмні результати навчання, на покращення яких спрямована дисципліна

(ПРО3) Знати принципи роботи автоматизованих електроприводів та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності;
 (ПРО6) Застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесорну техніку для вирішення практичних проблем у професійній діяльності;
 (ПРО7) Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.

(ПРО8) Обирати і застосовувати додатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками; (ПРО10) Знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність; (ПРО11) Вільно спілкуватися з професійних проблем державною та іноземною мовами усно і письмово, обговорювати результати професійної діяльності з фахівцями та нефхівцями, аргументувати свою позицію з дискусійних питань; (ПРО18) Вміти самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірювальною технікою та прикладним програмним забезпеченням; ПР25. Знати методи підвищення ефективності алгоритмів керування електроприводами та електромеханічними системами

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти освітніми компонентами «Теорія електроприводу», «Теорія автоматичного керування», «Вища математика», «Електромеханічні системи типових технологічних застосувань».

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Призначення та склад електромеханічних систем безперервного транспорту.

Тема 1.1. Загальні відомості та типи механізмів безперервного транспорту.

Тема 1.2. Принципи побудови електромеханічних систем безперервного транспорту.

Тема 1.3. Основні принципи побудови електромеханічних систем безперервного транспорту рідких середовищ.

Розділ 2. Математичне моделювання електромеханічних систем конвеєрного безперервного транспорту.

Тема 2.1. Математичний опис статичних та динамічних режимів роботи стрічкових конвеєрів.

Тема 2.2. Характер розподілу статичних та динамічних характеристик електромеханічних систем конвеєру при зміні параметрів руху.

Тема 2.3. Принцип розподілу тягових навантажень між приводними барабанами багатодвигунної приводної станції магістрального конвеєру.

Тема 2.4. Теоретичні основи математичного моделювання механічної частини конвеєру.

Тема 2.5. Математична модель механічної частини багатодвигунного конвеєру.

Розділ 3. Основні характеристики та моделі електромеханічних систем безперервного транспорту рідкої рідини.

Тема 3.1. Динамічні характеристики насосних установок.

Тема 3.2. Регулювання параметрів гідравлічної мережі засобами автоматизованого електроприводу.

Тема 3.3. Особливості побудови електромеханічних агрегатів систем водопостачання.

Розділ 4. Енергоефективні режими роботи електромеханічних систем безперервного транспорту.

Тема 4.1. Енергоефективні режими роботи турбомеханізмів систем водопостачання.

Тема 4.2. Забезпечення підвищення енергетичних показників за рахунок використання регульованих електроприводів.

Тема 4.3. Енергоефективні режими роботи електромеханічних систем конвеєрів.

Розділ 5. Особливості дослідження енергетичних режимів роботи електромеханічних систем безперервного транспорту.

Тема 5.1. Особливості дослідження енергетичних характеристик каскадних систем водопостачання з врахуванням стабілізації тиску в гідравлічній мережі.

Тема 5.2. Особливості досліджень енергетичних характеристик стрічкових конвеєрів.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література

1. Лимонов Л.Г. Автоматизований електропривод промислових механізмів. Харків: изд-во «ФОРТ», 2009.-с.257.

2. Попович Н.Г., Мацько Б.М. Підйомні установки./Навч.-метод. посібник.- Київ: НТУУ«КПІ», 2002.- с.149.

3. Коренькова Т.В., Сердюк О.О., Ковальчук В.Г. Режими роботи насосних та вентиляторних установок із автоматизованим електроприводом. /Навч. посібник.- Кременчук, 2014.- с.200.

4. Бондарев В.С., Дубінець О.І. та інші. Підйомно-транспортні машини, розрахунки підйомальних і транспортувальних машин. Підручник ВУЗів. – Київ; Вища школа, 2009. – с. 261.

5. Шевчук С.П., Попович А.Н., Світлицький В.М. Насосні, вентиляторні та пневматичні установки. Підручник для вищих навчальних закладів НТУУ «КПІ». – 246 с.

6. Загірняк М.В., Клепиков В.Б., Ковбаса С.М., Міхальський В.М., Пересада С.М., Садовой О.В., Шаповал І.А. Енергоефективні електромеханічні системи широкого технологічного призначення. Монографія, Київ, 2018.- 310с.

7. Чорний О.П., Луговой А.В., Родькин Д.Й., Сисяк Г.Ю., Садовой А.В. Моделювання електромеханічних систем. Підручник для ВУЗів, Кременчук, 2001,- 376с.

Додаткова література

1. Закладный О.М., Паховник А.В., Соловей О.І. Енергозбереження засобами промислового електропривода. /Навч. посібник.- Київ: Кондор, 2005.- с.408.

2. Коренькова Т.В., Гладир А.І., Алексова Ю.В. Приклади та тестові завдання з автоматизованого електропривода типових промислових механізмів./Навч. посібник.- Кременчук, 2014.- с.192.

3. Поповіч М.Г. та інші. Теорія електропривода. Підручник, Київ, Вища школа, 1993,- 494с.

4. Островерхов М.Я., Пижов В.М. Моделювання електромеханічних систем в «SIMULINK». Навчальний посібник, Київ, 2008,- 528с.

5. M. Pechenik, S. Burian, H. Zemlianukhina and M. Pushkar, "Investigation of the Hydraulic Pressure Stabilization Accuracy in the Conditions of Water Supply Cascade Pump System Operation," 2020 IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS), Kyiv, Ukraine, 2020, pp. 97-100, doi: 10.1109/ESS50319.2020.9160340.

6. M. Pechenik, S. Burian, H. Zemlianukhina and H. Voyat, "Analysis of the Given Law Accuracy of a Mine Skip Lifting Unit Movement Using a Vector-Controlled Electric Drive System," 2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP), Kremenchuk, Ukraine, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/PAEP49887.2020.9240893.

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. Загальні відомості та типи механізмів безперервного транспорту. Основні питання: конструктивні особливості механізмів, призначення, технологічні режими роботи, аналіз систем електроприводів.
2	Тема 1.2. Принципи побудови електромеханічних систем безперервного транспорту. Основні питання: формування електромеханічних систем конвеєрів при відсутності регулювання швидкості з врахуванням технологічної зміни продуктивності та сталої швидкості механізму.
3	Тема 1.3. Основні принципи побудови електромеханічних систем безперервного транспорту рідких середовищ. Основні питання: електромеханічні системи при використанні одного, двох насосів, що працюють на одну гідравлічну мережу, при їх паралельному та послідовному з'єднанні.
4	Тема 2.1. Математичний опис статичних та динамічних режимів роботи стрічкових конвеєрів. Основні питання: особливості математичного моделювання електричної та механічної частини конвеєрів, аналіз їх статичних та динамічних характеристик для режиму сталого навантаження.
5	Тема 2.2. Характер розподілу статичних та динамічних характеристик електромеханічних систем конвеєру при зміні параметрів руху. Основні питання: аналіз впливу коливання навантаження стрічкового конвеєру на статичні та динамічні характеристики його електроприводу.
6	Тема 2.3. Принцип розподілу тягових навантажень між приводними барабанами багатодвигунної приводної станції магістрального конвеєру. Основні питання: умови та способи розподілу тягових зусиль між приводними барабанами головної приводної станції конвеєру, формування загального тягового зусилля.

7	<p>Тема 2.4. Теоретичні основи математичного моделювання механічної частини конвеєру.</p> <p>Основні питання: основні теоретичні підходи до математичного опису моделі механічної частини одно- та багатодвигунного конвеєрів.</p>
8	<p>Тема 2.5. Математична модель механічної частини багатодвигунного конвеєру.</p> <p>Основні питання: математичний опис для 2- та 4-масових розрахункових схем.</p>
9	<p>Тема 3.1. Динамічні характеристики насосних установок.</p> <p>Основні питання: динамічні режими роботи турбомеханізмів, особливості регулювання параметрів руху рідини у гідравлічній мережі з врахуванням вимог технологічного процесу.</p>
10	<p>Тема 3.2. Регулювання параметрів гідравлічної мережі засобами автоматизованого електроприводу.</p> <p>Основні питання: основи регулювання тиску у гідравлічній мережі, методи стабілізації тиску при використанні електромеханічних систем з паралельним та послідовним з'єднанням 2-х насосних агрегатів.</p>
11	<p>Тема 3.3. Особливості побудови електромеханічних агрегатів систем водопостачання.</p> <p>Основні питання: режими роботи при використанні одного насосного агрегату, комбінованої агрегатної системи, яка складається з одного регульованого та одного нерегульованого насосу, при їх паралельному з'єднанні.</p>
12	<p>Тема 4.1. Енергоефективні режими роботи турбомеханізмів систем водопостачання.</p> <p>Основні питання: аналіз показників енергетичної ефективності, методи визначення ККД, особливості підвищення рівня ККД, мінімізація втрат енергії в електромеханічній системі.</p>
13	<p>Тема 4.2. Забезпечення підвищення енергетичних показників за рахунок використання регульованих електроприводів.</p> <p>Основні питання: алгоритми функціонування електромеханічної системи водопостачання при одночасному використанні регульованого та нерегульованого насосів, аналіз розподілу втрат енергії в межах добового та річного технологічних циклів.</p>
14	<p>Тема 4.3. Енергоефективні режими роботи електромеханічних систем конвеєрів.</p> <p>Основні питання: аналіз розподілу втрат енергії при сталої швидкості тягового елемента та коливання навантаження, при регулюванні швидкості.</p>
15	<p>Тема 5.1. Особливості дослідження енергетичних характеристик каскадних систем водопостачання з врахуванням стабілізації тиску в гідравлічній мережі.</p> <p>Основні питання: особливості моделювання гідравлічної мережі, електромеханічної каскадної системи водопостачання, використання програмного комплексу «SIMULINK».</p>
16	<p>Тема 5.2. Особливості досліджень енергетичних характеристик стрічкових конвеєрів.</p> <p>Основні питання: побудова моделі електромеханічної системи при використанні частотного керування, аналіз втрат енергії при зміні швидкості руху та коливанні навантаження тягового елемента.</p>

Практичні заняття

№	Назва теми заняття та перелік основних питань
---	---

з/п	
1	<p>Практичне заняття №1. Тяговий розрахунок багатодвигунних електроприводів стрічкових конвеєрів</p> <p>Основні питання заняття: принцип розрахунку статичних та динамічних навантажень електроприводу при розміщенні 2-х електродвигунів на приводній станції, вибір елементів електромеханічної системи</p>
2	<p>Практичне заняття №2. Особливості розподілу тягового зусилля між приводними барабанами дводвигунної приводної станції конвеєру</p> <p>Основні питання заняття: аналіз режиму роботи конвеєру при розподілу тягового зусилля між приводними барабанами у співвідношенні 1:1 та 1:2</p>
3	<p>Практичне заняття №3. Принцип побудови 4-х масової моделі електромеханічної системи конвеєру</p> <p>Основні питання заняття: побудова моделі механічної системи конвеєру для одно та дводвигунного електроприводу, система рівнянь, що описує рух стрічки транспортного механізму</p>
4	<p>Практичне заняття №4. Дослідження енергетичних характеристик при використанні 2-о масової моделі механічної частини конвеєру</p> <p>Основні питання заняття: структура електромеханічної системи з частотним керуванням, принцип побудови моделі в межах пакету прикладних програм МАТЛАБ</p>
5	<p>Практичне заняття №5. Порядок розрахунку енергетичних характеристик турбомеханізму при використанні нейронних мереж</p> <p>Основні питання заняття: методи апроксимації Q-H характеристики та кривої ККД, методи визначення ККД при зміні технологічних режимів роботи за рахунок використання теорії нейронних мереж</p>
6	<p>Практичне заняття №6. Розробка моделі насосної установки при послідовному з'єднанні 2-х насосів</p> <p>Основні питання заняття: особливості визначення параметрів моделей електромеханічної системи при послідовному з'єднанні 2 насосів</p>
7	<p>Практичне заняття №7. Розробка моделі каскадної насосної установки при паралельному з'єднанні 2 насосів</p> <p>Основні питання заняття: аналіз способу визначення параметрів моделі електромеханічної системи насосної установки при використанні програмного апарату МАТЛАБ</p>
8	<p>Практичне заняття №8. Порядок дослідження рівня стабілізації тиску гідравлічної мережі при використанні 2-х паралельно з'єднаних насосів</p> <p>Основні питання заняття: аналіз моделі для дослідження рівня стабілізації тиску, дослідження системи водопостачання для різних заданих рівнях стабілізації тиску гідравлічної мережі</p>
9	<p>Практичне заняття №9. Дослідження рівня енергетичної ефективності насосного агрегату при паралельному з'єднанні регульованого та нерегульованого насосів</p> <p>Основні питання заняття: характер розподілу потужності між регульованим та нерегульованим насосами, дослідження рівня втрат активної потужності в межах технологічного циклу</p>

Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до лекцій	18
2	Підготовка до практичних занять	9
3	Підготовка до МКР	2
4	Підготовка до заліку	6

6. Контрольна робота

Метою контрольної роботи є закріплення та перевірка теоретичних знань із освітнього компонента, набуття студентами практичних навичок самостійного вирішення задач з розрахунку та проектування елементів електромеханічних систем типового технологічного призначення.

Модульна контрольна робота (МКР) виконується на 8-9 тижні навчання. Контрольна робота проводиться у середовищі Moodle. Кожен студент отримує індивідуальне завдання, відповідно до якого необхідно надати відповіді на вказані запитання.

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях.

- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;

- політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив 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;

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

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

Поточний контроль: вправи на лекційних заняттях, МКР, виконання завдань до практичних занять.

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

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: виконані завдання до практичних та лекційних занять, 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:

- вправи по кожному лекційному заняттю;
- виконання завдань до практичних занять;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР);

Вправи на лекціях	Практичні заняття	МКР
18	32	50

Вправи на лекційних заняттях

Ваговий бал дорівнює 1. Максимальна кількість балів за всі 18 лекцій становить 18 балів. Нарахування балів за 1 лекцію здійснюється за наступним критерієм:

- повний конспект лекції – 1 бал за кожен лекцію;
- неповний конспект лекції – 0,5 бали за кожен лекцію;
- заохочення за конспектування додаткових тем – 1 бал за кожен тему;

Практичні заняття

Ваговий бал дорівнює 4. Максимальна кількість балів за всі 8 практичних занять становить 32 балів. Нарахування балів за 1 практичне заняття здійснюється за наступним критерієм:

- «відмінно», повна відповідь, вільне володіння матеріалом – 4 бал;
- «добре», достатньо повна відповідь, або повна відповідь з незначними помилками – 3 бали;
- «задовільно», неповна відповідь та незначні помилки – 1 бал;
- «незадовільно», незадовільна відповідь або відсутність під час проведення заняття – 0 балів.

Модульна контрольна робота

Ваговий бал дорівнює 50. Нарахування балів за 1 МКР здійснюється за наступним критерієм:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) 45-50 балів;

- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними помилками – 39-45 бал;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки –32-38 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) або відсутність під час проведення роботи – 0 балів.

Календарний контроль

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації. Бал, необхідний для отримання позитивного календарного контролю доноситься до студентів викладачем не пізніше ніж за 2 тижні до початку календарного контролю.

Додаткові (бонусні) бали

Рейтинговою системою оцінювання передбачені додаткові бали за виконання додаткових завдань. Один студент не може отримати більше ніж 10 бонусних балів у семестрі. Бонусні бали можуть бути отримані за такі види робіт: «Івенти».

Івенти. Івенти - це спеціальні події для студентів, які хочуть отримати додаткові бали за вирішення ускладнених завдань. Івенти активуються у визначений час і активні обмежений час. Додаткові бали отримують тільки ті студенти, які надали правильну відповідь та увійшли в певну кількість, які першими її завантажили. Кількість балів за додаткові завдання визначає кожен івент окремо. Один студент не може отримати більш ніж 10 балів за івенти.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА, к.т.н. Печеник М.В.

Ухвалено кафедрою автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА (протокол № 6 від 28.12.2022)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №5 від 26.01.2023 р.)