



# ОСНОВИ ПРОМИСЛОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Автоматизовані та роботизовані механічні системи</i>
Статус дисципліни	<i>Професійно орієнтована</i>
Форма навчання	<i>очна(денна) /дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, викладається в одному семестрі (весняний)</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів ЄКТС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен, РГР</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua/Schedules/">http://rozklad.kpi.ua/Schedules/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: канд. техн. наук, доцент, Лукавенко Василь Петрович, <a href="mailto:tyretrow@gmail.com">tyretrow@gmail.com</a>; Лабораторні роботи: ст. викладач, канд. техн. наук., Зілінський Андрій Іванович, <a href="mailto:zilinski.andrew@gmail.com">zilinski.andrew@gmail.com</a></i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&amp;show&amp;irid=185132">https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&amp;show&amp;irid=185132</a> <a href="https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&amp;show&amp;irid=187244">https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&amp;show&amp;irid=187244</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «**Основи «промислового електроприводу»** (далі ПЕ) складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».

**Метою навчальної дисципліни** є формування у студентів: базових знань про компоненти, будову, принцип дії та функціонування ПЕ постійного та змінного струму; основ проектування та експлуатації електроприводів технологічних об'єктів, що поєднують в собі силову електричну частину, механічний передатний пристрій, електронний блок керування. Після вивчення курсу студенти мають демонструвати знання: фізичної сутності електричних машин змінного та постійного струму; механічних та електромеханічних характеристик електричних двигунів та розуміння електромагнітних та енергетичних процесів, що відбуваються в електроприводах змінного та постійного струму.

**Предметом навчальної дисципліни** є засвоєння принципу дії промислового електроприводу з метою забезпечення надійності та працездатності відповідного технологічного обладнання підприємства. Ці питання в даному курсі розглядаються комплексно з урахуванням сучасних вимог до знань з технічних, технологічних і економічних аспектів машинобудівної галузі.

**Програмні результати навчання :**

**Компетенції, що посилюються вибірковою дисципліною:**

ЗК 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

ФК 12. Здатність обирати раціональні підходи і технічні засоби до автоматизації технічних об'єктів та систем, машин та механізмів засобами механіки, гідронневоавтоматики, електромеханіки, мехатроніки і робототехніки, створювати конкурентоспроможні технічні об'єкти, застосовувати критерії для оцінки їх функціональної, експлуатаційної, енергетичної та загальної ефективності

**ФК 13.** Здатність використовувати інструментальні засоби конструювання, обґрунтовувати та розробляти раціональні конструктивні рішення автоматизованих механічних систем, машин, систем гідропневмоавтоматики, електромеханіки, мехатроніки і робототехніки та їх елементів і агрегатів, відповідно до заданих експлуатаційних, функціональних, економічних, ергономічних та інших вимог при вирішенні практичних задач

**ФК 14.** Здатність використовувати сучасні підходи та інструментальні засоби автоматизованого проектування для створення автоматизованих механічних систем, машин, систем гідропневмоавтоматики, електромеханіки, мехатроніки і робототехніки та їх компонентів із забезпеченням виконання заданих функцій, експлуатаційних характеристик та показників ефективності

**Знання:** знати основні підходи у проектуванні та експлуатації механічних систем з використанням електроприводу; знання можливих несправностей та тестування систем керування електроприводом.

**Уміння:** розв'язувати практичні задачі створення та експлуатації ПЕ. Виконувати експериментальні дослідження роботи ПЕ з використанням сучасних комп'ютерних технологій.

**Досвід:** обирати та застосовувати раціональні методи та технічні засоби для вирішення конкретних задач електроприводу у машинобудуванні; проводити оцінку ефективності систем електроприводу.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни**

Необхідне попереднє успішне оволодіння знаннями та уміннями, набутими при вивченні дисциплін «Фізика», «Теоретична механіка», «Інформатика», «Електротехніка і електроніка», «Теорія механізмів і машин».

Результати вивчення дисципліни «Основи «промислового електроприводу» є корисними для подальшого вивчення дисциплін: «Проектування агрегатів автоматизованих механічних систем», «Роботи і маніпулятори в машинобудуванні», «Автоматизований електропривод і основи електроавтоматики», «Дипломне проектування».

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

1. Рівняння механічного руху
2. Електропривід з асинхронним двигуном
3. Регулювання швидкості асинхронних двигунів
4. Регулювання координат електроприводу
5. Гальмівні режими роботи асинхронних електродвигунів
6. Синхронний двигун
7. Двигуни постійного струму
8. Регулювання швидкості двигунів постійного струму
9. Генераторний режим роботи двигунів постійного струму
10. Регулювання координат двигунів постійного струму

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

### Основні інформаційні ресурси

1. Закладний, Олександр Миколайович, et al. Електропривод: навчальний посібник. Київ: Освіта України, 2009.
2. Гнатов, Андрій Вікторович, Щасяна Валіковна Аргун, та Ірина Сергіївна Трунова. Теорія електроприводу транспортних засобів. Харків: ХНАДУ, 2016.
3. Теорія електропривода - 1 [Електронний ресурс] : курс лекцій для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка», спеціальності «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» денної форми навчання / НТУУ «КПІ» ; уклад. М. Я. Острроверхов. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,89 Мбайт). - Київ : НТУУ «КПІ», 2010.
4. Лукавенко, В. П. Основи промислового електроприводу: лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Автоматизовані та роботизовані механічні системи» спеціальності 131 Прикладна механіка / Лукавенко В. П., Зілінький А. І. ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,18 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 72 с

### Додаткові інформаційні ресурси

1. Електропривод: розрахунково-графічна робота [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів вищої освіти спеціальності 141 – В.М. Пижов; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 57 с.
2. Лозинський, Орест Юліанович, Микола Гаврилович Попович, Николай Гаврилович Попович, Н. Г Попович, М. Г Попович, Микола Гаврилович Попович, та Микола Гаврилович Попович. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: навч. посіб. для студ. вnz за напр. "Електромеханіка". К.: Либідь, 2005.
3. Бондарев В.С. та ін.. Підійомно-транспортні машини : Розрахунки підіймальних і транспортувальних машин. Підручник. К.: Вища школа. 2009.-734 с.
4. Лавриненко Ю.М. Електропривід. Підручник за ред., Лавриненко Ю.М Вид. 2-е, доп. і перероб., Київ, Діра-К., 2009, 503 с.
5. Паначевний, Борис Іванович, та Юрій Федорович Свєргун. Загальна електротехніка: теорія і практикум: Навч. посіб. для ВНЗ. Київ: Каравелла, 2003.

### Рекомендації та роз'яснення:

- Всі базові літературні джерела є в бібліотеці КПІ та в методичному кабінеті кафедри;
- Жодне джерело, як і всі перелічені літературні джерела разом, не є достатнім для опанування дисципліни без виконання комплексу основних та кваліфікаційних лабораторних робіт та самостійного розв'язання типових задач проектування дискретних систем керування гідро- і пневмоприводами;

## Навчальний контент

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

#### ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

	<i>Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)</i>
1.	Лекція 1. Промисловий електропривід. Призначення, функції електроприводу.
2.	Лекція 2. Механіка електроприводу. Рівняння механічного руху.
3.	Лекція 3. Електропривід з асинхронним двигуном. Будова трифазного асинхронного двигуна (АД). Механічна і електромеханічна характеристики АД.
4.	Лекція 4. Регулювання швидкості АД за допомогою резисторів у ланцюгах ротора і статора.
5.	Лекція 5 Регулювання швидкості АД зміною числа пар полюсів.
6.	Лекція 6. Регулювання координат електроприводу (швидкості, моменту та ін.) в системі перетворювач частоти – АД.
7.	Лекція 7. Гальмівні режими роботи АД . Гальмування: електродинамічне, противключенням, рекуперативне з віддачею енергії у мережу, з використанням ПЧ та установкою часу гальмування, конденсаторне.
8.	Лекція 8. Синхронний двигун. Будова, схеми включення, характеристики, режими роботи. Робота в режимі компенсатора реактивної енергії.
9.	Лекція 9. Будова електричних машин постійного струму. Схема включення, статичні характеристики і режими роботи двигуна постійного струму (ДПС) незалежного збудження.
10.	Лекція 10. Регулювання швидкості ДПС незалежного збудження зміною магнітного потоку. Штучні характеристики ДПС незалежного збудження.
11.	Лекція 11. Генераторний режим роботи ДПС паралельно з мережею, або режим рекуперативного гальмування. Режим гальмування противключенням.
12.	Лекція 12. Регулювання координат ДПС незалежного збудження зміною напруги, що підводиться до якоря.
13.	Лекція 13. Схема включення. статичні характеристики і режими роботи серієсного двигуна постійного струму (послідовного збудження). Регулювання координат ДПС послідовного збудження.
14.	Лекція 14. Керування гальмуванням і реверсом ДПС. Схема керування пуском двигуна і динамічним гальмуванням за принципом часу.

15.	Лекція 15 . Схема включення і характеристики ДПС постійного струму змішаного збудження.
16.	Лекція 16. Електропривід з лінійними електродвигунами. Електропривід з кроковими двигунами (КД). Конструктивна схема лінійного асинхронного двигуна (ЛАД) та схема його включення. Принцип дії, основні властивості і схема включення ЛАД і КД.
17.	Лекція 17. Електропривід по схемі транзисторний комутатор – вентиляльний двигун
18.	Лекція 18. Підсумкове заняття.

### *Самостійна робота студента*

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1.	<i>Підготовка до аудиторних занять</i>	44
2.	<i>Виконання РГР</i>	20
3.	<i>Підготовка до заліку</i>	14

### **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 заняттях.*
- *правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни;*
- *використання засобів пошуку інформації на Google-сторінці викладача, в інтернеті;*
- *правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали;*
- *політика щодо академічної доброчесності встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються, 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 соц. мережах 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: практичні/лабораторні заняття.*

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

*Семестровий контроль: екзамен.*

*Умови допуску до семестрового контролю: мінімальний семестровий рейтинг більше 25 балів.*

*Рейтинг студента розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 50 балів складає стартова складова. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, які студент отримує за:*

- *виконання завдань під час лабораторних/практичних занять (6 занять);*
- *виконання модульних контрольних робіт (МКР) (2 роботи);*
- *виконання розрахунково-графічної роботи (РГР).*

*Відповіді на екзамені оцінюються у 50 балів.*

*Робота на лабораторних/практичних заняттях (максимум 30 балів):*

- *повністю виконана робота – 5 балів;*
- *присутні деякі розбіжності з завданням – 4 бали;*
- *виконано половина роботи – 2 бал;*
- *робота не виконана – 0 балів.*

За несвоєчасну здачу практичного завдання – 0,5 штрафного балу за кожний тиждень запізнення (всього не більше 2 балів).

Виконання РГР:

- якісно виконана робота – 10 балів;
- роботу виконано нераціонально – 9 балів;
- роботу виконано з незначними помилками – 8 балів;
- роботу виконано з певними помилками – 6 балів;
- роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.

За несвоєчасне виконання розрахунково-графічної роботи – 1 штрафний бал за кожний тиждень запізнення (всього не більше 5 балів).

Виконання МКР:

- творчо виконана робота – 5 балів;
- роботу виконано з незначними недоліками – 4 бали;
- роботу виконано з певними помилками – 2 бали;
- роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.

Штрафні та заохочувальні бали:

За несвоєчасну здачу практичного завдання – 0,5 штрафного балу за кожний тиждень запізнення (всього не більше 2 балів).

За несвоєчасне виконання розрахунково-графічної роботи – 1 штрафний бал за кожний тиждень запізнення (всього не більше 5 балів).

За несвоєчасне модульної контрольної роботи – 0,5 штрафних бали за кожний тиждень запізнення (всього не більше 3 балів).

Якщо студент виконав умови РСО щодо допуску до семестрового контролю, але має підсумковий рейтинг менше 50 балів, або хоче підвищити поточну оцінку, виконує додаткову контрольну роботу.

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу за двома запитаннями та розв'язують практичне завдання. Кожне екзаменаційне завдання містить два запитання з різних тематичних розділів.

Критерії екзаменаційного оцінювання:

- вичерпні відповіді на всі питання білету, вичерпний розв'язок практичного завдання, а також відповіді на всі додаткові питання: 49-50 балів;
- вичерпні відповіді на всі питання білету, вичерпний розв'язок практичного завдання, а також відповіді на більшість додаткових питань: 45-48 балів;
- вичерпні відповіді на всі питання білету, вичерпний розв'язок практичного завдання, відповіді на окремі додаткові питання: 42-44 бали;
- принципові відповіді на всі питання білету, вичерпний розв'язок практичного завдання: 38-41 бал;
- в деяких відповідях мають місце певні неточності: 37-40 балів;
- допускаються окремі помилки, які можливо виправити за допомогою додаткових питань викладача: 33-36 балів;
- припускаються суттєві помилки у відповідях або відсутня відповідь на одне з питань: 30-32 бали.

- Завдання не виконано або є грубі помилки 0 балів

**Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни ( $r_a$ ):**

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:  $R_c = \sum_i r_i$

де  $r$  - рейтингові або вагові бали за кожний вид робіт з дисципліни (табл. 1 - 5).

$R_c = 30\text{л/п} + 10\text{РГР} + 10\text{МКР} = 50$  балів.

Екзаменаційна складова  $R_E$  шкали дорівнює:  $R_E = 50$  балів.

Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає  $R_D = R_c + R_E = 50 + 50 = 100$  балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно

64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Необхідною умовою допуску до екзамену є виконання і підготовка до захисту РГР, виконання 80% поточних практичних робіт, передбачених програмою, а також стартовий рейтинг  $R_c$  не менше 50% від  $R_c$ . Тобто, не менш  $R_c = 0,5 \times 50 = 25$  балів.

Студенти, які набрали протягом семестру рейтинг з дисципліни більше  $0,5 \times R_c = 25$  балів, допускаються до екзамену.

Студенти, які набрали протягом семестру рейтинг з дисципліни менше  $0,5 \times R_c = 25$  балів, зобов'язані до початку екзаменаційної сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до екзамену з цієї дисципліни і мають академічну заборгованість.

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

Задача 1. Розрахунок потужності привідного двигуна підвісного конвейера за заданим значенням опору переміщення привідного ланцюга. конвеєра, вибір автоматичного вимикача, реверсивного магнітного контактора, частотного перетворювача відповідно умовам експлуатації, редуктора, з'єднувальної муфти.

Задача 2. Розрахунок потужності привідного двигуна стрічкового конвеєра, вибір автоматичного вимикача, реверсивного магнітного контактора, частотного перетворювача відповідно умовам експлуатації, редуктора, з'єднувальної муфти.

Задача 3. Розрахунок потужності привідного двигуна підвісного конвейера за заданим значенням опору переміщення привідного ланцюга. конвеєра, вибір автоматичного вимикача, реверсивного магнітного контактора, частотного перетворювача відповідно умовам експлуатації, редуктора, з'єднувальної муфти.

Задача 4. Розрахунок потужності привідного двигуна візкового конвейера за заданим значенням опору переміщення привідного ланцюга, вибір автоматичного вимикача, реверсивного магнітного контактора, частотного перетворювача відповідно умовам експлуатації, редуктора, з'єднувальної муфти.

Задача 5. Розрахунок потужності і вибір привідного двигуна редуктора механізму підйому електроталі за заданим значенням маси вантажу, режиму роботи, швидкості підйому, здійснити вибір автоматичного вимикача, реверсивного магнітного контактора, частотного перетворювача відповідно умовам експлуатації.

Задача 6. Розрахувати потужність і вибрати привідний двигун та редуктор механізму підйому вантажного візка мостового крану за заданим значенням маси вантажу, режиму роботи, швидкості підйому, здійснити вибір автоматичного вимикача, реверсивного магнітного контактора, частотного перетворювача відповідно умовам експлуатації.

Задача 7. Розрахувати потужність і вибрати привідний двигун та редуктор механізму підйому гакової підвіски консольного крану за заданим значенням маси вантажу, режиму роботи, швидкості підйому, здійснити вибір автоматичного вимикача, частотного перетворювача, реверсивного магнітного контактора.

Задача 8. Розрахувати потужність і вибрати привідний двигун та редуктор механізму підйому гакової підвіски стрілового консольного крану з канатним приводом вантажопідйомного візка за заданим значенням маси вантажу, режиму роботи, швидкості підйому, здійснити вибір автоматичного вимикача, частотного перетворювача, реверсивного магнітного контактора.

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус): Основи конструювання і проектування**

**Складено:** доцентом кафедри конструювання машин, кандидатом технічних наук, доцентом Лукавенком Василем Петровичем

**Ухвалено:** кафедрою ПГМ (протокол №17 від 14.06.2022 р.)

**Погоджено** Методичною комісією факультету<sup>1</sup> (протокол № 11 від 29.08.2022)

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