



Національний технічний університет України  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»



Автоматизації  
електротехнічних і  
мехатронних комплексів

# СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРАХУНКІВ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалавр)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг автоматизованих електротехнічних комплексів</i>
Статус дисципліни	<i>Професійна</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)/очна (вечірня)/заочна/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити 120 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент, Торопов Антон Валерійович, тел. 066-736-54-53, email: toropvtocha@ukr.net Практичні / Семінарські: к.т.н., доцент, Торопов Антон Валерійович,, тел. 066-736-54-53, email: toropvtocha@ukr.net асистент, Торопова Лілія Володимирівна, тел. 050-633-76-20, email: liliaya@ukr.net</i>
Розміщення курсу	<i>Доступний на платформі «Google_classroom». Код доступу надається викладачем на першому занятті.</i>

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

Дисципліна знайомить студентів з програмним забезпечення та засобами побудови електромеханічних систем змінного струму методами, які базуються на теорії електроприводу та принципах побудови систем керування електроприводами..

Метою вивчення дисципліни є ознайомлення зі станом та перспективами розвитку сучасних комп'ютерних систем проектування електромеханічних систем з використанням баз сучасних перетворювальних пристроїв провідних виробників електроприводу. Велика увага приділяється особливостям реалізації процедури проектування з використанням програмного забезпечення Drive Solution Designer (CAE-системи) німецького виробництва.

Предметом навчальної дисципліни є системи інжинірингового проектування електромеханічних систем і електротехнічних комплексів.

Компетенції: (ФК1) Здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проектування і розрахунків (САПР); (ФК5) Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу; (ФК14) Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з розробкою автоматичних систем керування, оцінювати накопичений досвід.

Уміння: (ПРН6) Застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесорну техніку для вирішення практичних проблем у професійній діяльності; (ПРН7) Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах; (ПРН17) Вміти розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.; (ПРН21). Використовувати, розраховувати та досліджувати цифрові та нелінійні регулятори технологічних процесів, використовуючи сучасне електротехнічне обладнання.

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

Навчальна дисципліна «Системи автоматизації інженерних розрахунків електроприводу» викладається на основі знань та умінь, одержаних студентами під час вивчення кредитних модулів таких дисциплін як «Автоматизований електропривод машин і установок», «Основи електромехатроніки», «Електропривод», «Теоретична механіка», «Електричні машини», тощо.

Знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля «Системи автоматизації інженерних розрахунків електроприводу», є необхідними для кожного фахівця даної спеціальності, які вирішують інженерні завдання у сфері автоматизації електротехніки та мехатроніки та при виконанні дипломного проєкту.

## 3. Зміст навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна «Системи автоматизації інженерних розрахунків електроприводу» складається з 5 розділів:

- **Розділ 1. CAE- системи задач електроприводу.**

Тема 1.1. Загальні поняття систем автоматизованого проектування.

Тема 1.2. Проектування електроприводів насосів і вентиляторів.

- **Розділ 2. Проектування електроприводів вертикального підйому:**

Тема 2.1. Відмінності між системами з протиагою та без протиаги з точки зору режимів роботи електроприводу.

Тема 2.2. Проектування системи підйомної установки зі стабілізацією кутової або лінійної швидкості.

Тема 2.3. Тахограма рухів підйомних механізмів.

- **Розділ 3. Вибір параметрів елементів системи електроприводу**

Тема 3.1. Вибір типу двигуна, редуктора, перетворювача частоти.

Тема 3.2. Модулі безпеки перетворювачів частоти.

- **Розділ 4. Вибір додаткових елементів системи електроприводу**

Тема 4.1. Вибір пристроїв гальмування, фільтруючих пристроїв.

Тема 4.2. Датчики зворотного зв'язку в електроприводі.

- **Розділ 5. Проектування систем електроприводу із пристроями плавного пуску**

Тема 5.1. Способи пуску асинхронних двигунів.

Тема 5.2. Способи гальмування асинхронних двигунів.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Базова література:

1. Drive Solutions Mechatronics for production and logistics. Edited by E. Kiel. –Berlin: Springer Verlag, 2008. – 542 p.

2. Комп'ютерне управління технологічними процесами, експериментом, обладнанням. Методичні вказівки до практичних занять [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за освітньою програмою «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» / А. В. Торопов, А. В. Босак, Л. В. Торопова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,42 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 90 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47784>

3. Голодний І.М., Червінський Л.С., Жильцов А.В., Санченко О.В. Романенко О.І. Моделювання регульованого електропривода: Підручник. – К.: Аграр Медіа Груп, 2019. – 266 с.

4. Голодний І. М., Лаврінченко Ю. М., Козирський В. В., Червінський Л. С., Абдураманов Д. А., Торопов А. В., Санченко О. В. Регульований електропривод : підручник. Київ : ТОВ «ЦП «Компринт», 2015. - 509 с.

##### Допоміжна література:

5. Електромеханічні системи автоматизації та електропривод. Теорія і практика/ За ред. М.Г.Поповича, В.В.Кострицького. – К.: КНУТД. – 2008. – 408 с.

6. Регульований електропривод. Теорія. Моделювання. Навчальний посібник./І.М. Голодний, Ю.М. Лаврінченко, М.В. Синявський, В.В. Козирський, Л.С. Червінський, В.М. Решетнюк, В.В. Савченко; За ред.І.М. Голодного. – 2вид.- К.Аграр Медіа-груп. 2012-513с.

7. Елементи автоматизованого електропривода: Навчальний посібник/ А.П. Калінов, В.О. Мельников. – Кременчук: Видавництво ПП Щербатих О.В. 2014-276с.

#### Навчальний контент

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

Застосовуються стратегії активного навчання, які визначаються такими методами та технологіями: методи проблемного навчання (дослідницький метод); особистісно-орієнтовані технології, засновані на таких формах і методах навчання як візуалізація та інформаційно-комунікаційні технології, зокрема електронні презентації для лекційних занять. Викладання проводиться у формі лекцій, практичних та лабораторних занять. При виконанні розрахункової роботи застосовується проблемно-пошуковий метод.

№ з/п	Зміст навчальної роботи
1-2	<b>Лекція 1.</b> Тема 1.1. Загальні поняття систем автоматизованого проектування. Загальні поняття та визначення систем автоматизованого проектування. <b>Література: [1].</b>

	<p><b>Лекція 2.</b> Тема 1.1. Загальні поняття систем автоматизованого проектування. Розповсюджені системи електроприводу муніципальних та промислових підприємств.</p> <p><b>Література: [2].</b></p>
3-4	<p><b>Лекція 3.</b> Тема 1.2. Проектування електроприводів насосів і вентиляторів. Особливості проектування турбомеханізмів.</p> <p><b>Література: [2].</b></p> <p><b>Лекція 4.</b> Тема 2.1. Відмінності між системами з противагою та без противаги з точки зору режимів роботи електроприводу. Вибір противаги та її вплив.</p> <p><b>Література: [3].</b></p>
5-6	<p><b>Лекція 5.</b> Тема 2.2. Проектування системи підйомної установки зі стабілізацією кутової або лінійної швидкості. Проектування системи підйомної установки зі стабілізацією кутової швидкості.</p> <p><b>Література: [1].</b></p> <p><b>Лекція 6.</b> Тема 2.2. Проектування системи підйомної установки зі стабілізацією кутової або лінійної швидкості. Проектування системи підйомної установки зі стабілізацією лінійної швидкості.</p> <p><b>Література: [3].</b></p>
7-8	<p><b>Лекція 7.</b> Тема 2.3. Тахограма рухів підйомних механізмів. Відмінність між простими та складними тахограмами руху.</p> <p><b>Література: [2].</b></p> <p><b>Лекція 8.</b> Тема 3.1. Вибір типу двигуна, редуктора, перетворювача частоти. Вибір параметрів елементів системи електроприводу.</p> <p><b>Література: [3].</b></p> <p><b>Модульна контрольна робота 1.</b></p>
9-10	<p><b>Лекція 9.</b> Тема 3.1. Вибір типу двигуна, редуктора, перетворювача частоти. Вибір типу встановлення перетворювачів частоти, залежно від умов експлуатації.</p> <p><b>Література: [4].</b></p> <p><b>Лекція 10.</b> Тема 3.2. Модулі безпеки перетворювачів частоти. Основні функції керування рухом від перетворювачів частоти із модулями безпеки.</p> <p><b>Література: [1].</b></p>
11-12	<p><b>Лекція 11.</b> Тема 4.1. Вибір пристроїв гальмування, фільтруючих пристроїв. Вибір гальмівних резисторів. Вибір гальмівних чопперів.</p> <p><b>Література: [1].</b></p> <p><b>Лекція 12.</b> Тема 4.2. Датчики зворотного зв'язку в електроприводі. Функціональні можливості інкрементальних та абсолютних енкодерів.</p> <p><b>Література: [1].</b></p>
13-14	<p><b>Лекція 13.</b> Тема 4.2. Датчики зворотного зв'язку в електроприводі. Датчики зворотного зв'язку за швидкістю з інтерфейсом Hyperface.</p> <p><b>Література: [1].</b></p> <p><b>Лекція 14.</b> Тема 4.2. Датчики зворотного зв'язку в електроприводі. Датчики зворотного зв'язку за швидкістю з загальнопромисловими інтерфейсами.</p> <p><b>Література: [4].</b></p>
15-16	<p><b>Лекція 15.</b> Тема 4.2. Датчики зворотного зв'язку в електроприводі.. Датчики зворотного зв'язку за швидкістю з інтерфейсом SSI.</p> <p><b>Література: [3].</b></p> <p><b>Лекція 16.</b> Тема 5.1. Способи пуску асинхронних двигунів. Пуск зміною напруги. Пуск зміною струму статора</p>

	<b>Література: [3].</b>
17-18	<b>Лекція 17.</b> Тема 5.1. Способи пуску асинхронних двигунів. Пуск насосів із асинхронним двигуном. Пуск синхронних двигунів. <b>Література: [3].</b> <b>Лекція 18.</b> Тема 5.2. Способи гальмування асинхронних двигунів. Гальмування змінним та постійним струмом. <b>Література: [1,3].</b>

### Практичні заняття

№ з/п	Зміст навчальної роботи
<b>Практичне заняття 1.</b>	Розрахунок пристрою плавного пуску з двома регульованими фазами для запуску насосу..
<b>Практичне заняття 2.</b>	Розрахунок пристрою плавного пуску з двома регульованими фазами для запуску вентилятора.
<b>Практичне заняття 3.</b>	Розрахунок пристрою плавного пуску з трьома регульованими фазами для запуску насосу.
<b>Практичне заняття 4.</b>	Розрахунок пристрою плавного пуску з трьома регульованими фазами для запуску вентилятора.
<b>Практичне заняття 5.</b>	Розрахунок серводвигуна для обертового столу.
<b>Практичне заняття 6.</b>	Розрахунок серводвигуна для токарного верстату.
<b>Практичне заняття 7.</b>	Вибір електропривода для обертового столу з точним позиціонуванням.
<b>Практичне заняття 8.</b>	Вибір електропривода для обертового столу з точним позиціонуванням.
<b>Практичне заняття 9.</b>	Вибір електромеханічної системи для спірального компресора.

### 6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента передбачає:

підготовку до аудиторних занять – 52 год;

підготовку до модульних контрольних робіт – 8 год;

підготовку до заліку – 6 год.

### Політика та контроль

#### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

На момент проведення кожного заняття, як лекційного, так і практичного, у студента на пристрої, з якого він працює, має бути встановлено додаток Zoom (у випадку дистанційного навчання), а також відкрито курс «Системи автоматизації інженерних розрахунків» на платформі

«Google Classroom» (код доступу до курсу надається на першому занятті згідно з розкладом). Силабус; лекційний матеріал; завдання до кожного практичного заняття; варіанти модульної контрольної роботи; тести, які потрібно виконати за лекціями; методичні рекомендації до виконання практичних робіт та розрахунково-графічної роботи; варіанти залікової контрольної роботи розміщено на платформі «Google Classroom» та у системі «Електронний Кампус КПІ».

Під час проходження курсу «Системи автоматизації інженерних розрахунків» студенти зобов'язані дотримуватись загальних моральних принципів та правил етичної поведінки, зазначених у Кодексі честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Дедлайни виконання кожного завдання зазначено у курсі «Системи автоматизації інженерних розрахунків» на платформі «Google Classroom».

Присутність здобувачів вищої освіти на практичних заняттях є обов'язковою. Пропущені з поважних причин заняття мають бути відпрацьовані.

Усі без виключення студенти зобов'язані дотримуватись вимог Положення про систему запобігання академічному плагіату в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

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

**Поточний контроль:** виконання практичних завдань (по 10 бали за завдання), МКР (проводиться безпосередньо на лекційному занятті, у присутності викладача, 10 балів). МКР виконується у вигляді відповіді на два теоретичні запитання з лекційного матеріалу першої половини семестру. МКР студент виконує безпосередньо на лекційному занятті, за 15-20 хвилин до його закінчення. По закінченню заняття робота над МКР закінчується і не підлягає переписуванню.

Кожне практичне заняття при оцінюється в 10 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – правильно оформлені результати та сформульований відповідний висновок (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування – 9 – 10 балів;
- «добре» – правильно оформлені результати та сформульований відповідний висновок (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності у відповіді – 7 – 8 балів;
- «задовільно» – містяться неточності в оформленні результатів або сформульований невідповідний висновок (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 6 балів;
- «незадовільно» – невірно оформлені результати дсоолідження або незадовільна відповідь при захисті – 0 балів.

Кожне питання МКР оцінюється в 5 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 5 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 4 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 3 бали;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

**Календарний контроль:** проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Умовою позитивного першого та другого календарного контролів є отримання не менше 50 % максимально можливого на момент відповідного календарного контролю рейтингу.

**Семестровий контроль:** залік. Умови допуску до семестрового контролю: виконані і зараховані практичні завдання та МКР.

Студенти, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань. Сума рейтингових балів, отриманих студентом протягом семестру, переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею.

Якщо сума балів менша за 60, але виконані і зараховані практичні, МКР, студент виконує залікову роботу. У цьому разі сума балів за практичні та МКР і за залікову роботу переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею.

Студент, який у семестрі отримав більше 60 балів, але бажає підвищити свій результат, може взяти участь у заліковій роботі. У цьому разі остаточний результат складається із балів, що отримані на заліковій роботі, та балів за практичні та МКР.

На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу.

Залікова робота оцінюється у 40 балів. Контрольне завдання цієї роботи складається з двох теоретичних запитань з переліку, що наданий у додатку до силабусу та одного практичного завдання.

Кожне запитання оцінюється в 15 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 15 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 14 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 12 – 13 балів;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Практичне завдання оцінюється в 10 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна процедура вирішення (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та отримано вірний результат – 10 балів;
- «добре» – неповна процедура вирішення (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 8-9 балів;
- «задовільно» – невірна відповідь, неповна процедура вирішення (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 6-7 балів;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Для заочної форми навчання

**Поточний контроль:** практичні завдання (9x10 балів), МКР (10 балів). Структура МКР та РГР, вимоги до них та критерії оцінювання аналогічні як і для очної форми навчання і наведені вище.

**Семестровий контроль:** Залік. Умови допуску до семестрового контролю: виконані і зараховані практичні завдання та МКР.

Студенти, які виконали умови допуску до заліку, виконують залікову роботу. Сума балів за МКР, РГР та за залікову роботу переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею. Залікова робота оцінюється у 40 балів, як і для очної форми навчання. Критерії оцінювання наведено вище.

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

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

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль, наведено у додатку до силабусу. Здобувач вищої освіти має можливість пройти онлайн курс(и) за однією або декількома темами, передбаченими робочою програмою навчальної дисципліни. Онлайн курс здобувач може обрати самостійно або за рекомендацією викладача. 1 год прослуханого курсу оцінюється у 0,83 бали. Максимальна кількість годин, яка може бути зарахована за результатами неформальної освіти, становить 12 год, відповідно максимальна кількість балів за такі результати становить – 10 балів.

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

**Складено:** доцент кафедри автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів, к.т.н., Торопов Антон Валерійович

**Ухвалено** кафедрою автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів. Протокол №23 від 14.06.22.

**Погоджено:** Методичною комісією ННІЕЕ (протокол №12 від 24.06.22.)

**Питання для заліку з навчальної дисципліни «Системи автоматизації інженерних розрахунків електроприводу».**

1. Основні терміни і визначення САПР
2. Профілі руху, реалізовані в перетворювачах частоти.
3. НігерFACE. Схемна реалізація. Основні параметри.
4. Цілі і завдання САПР
5. Приводні задачі. Процедура пошуку нульової мітки. Електронний вал.
6. Способи пуску асинхронних двигунів при зміні напруги.
7. Види живлячих напруг для систем електроприводу
8. Конфігурація електромеханічної частини електроприводу підйомних установок. Опис основних елементів
9. Резольвер. Принцип роботи. Переваги та недоліки
10. Проектування гідравлічної системи в САПР. Основні параметри вибору
11. Пристрої та способи стопоріння вала двигуна в підйомних установках. Їх вплив на характеристики приводу
12. Способи пуску асинхронних двигунів за допомогою пристроїв плавного пуску.
13. Проектування пневматичної системи в САПР. Основні параметри вибору
14. Додаткові параметри конфігурації електродвигуна
15. Способи пуску асинхронних двигунів при зміні струму статора
16. Drive solution Designer. Основні системи електроприводу
17. Режим роботи з постійною лінійною і кутовою швидкостями. Особливості застосування
18. Інкрементальні датчики швидкості. Основні характеристики, переваги та недоліки.
19. Конфігурація електромеханічної частини електропривода турбомеханізмів. Опис основних елементів
20. Способи пуску асинхронних двигунів при зміні струму статора.