

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет будівництва,
транспорту та енергетики

Кафедра
електротехнічних
систем та енергетичного
менеджменту

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИЙ ПРОМИСЛОВИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД ТА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

*методичні рекомендації до виконання самостійної роботи
здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня зі
спеціальності G3 "Електрична інженерія"*



Кропивницький
2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет будівництва,
транспорту та енергетики

Кафедра
електротехнічних
систем та енергетичного
менеджменту

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИЙ ПРОМИСЛОВИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД ТА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

*методичні рекомендації до виконання самостійної роботи
здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня зі
спеціальності G3 "Електрична інженерія"*

Затверджено
на засіданні кафедри
електротехнічних систем та
енергетичного менеджменту
Протокол № 1 від 27.08.2025 р.

Кропивницький
2025

Енергоефективний промисловий електропривод та системи керування технологічними процесами: методичні рекомендації до виконання самостійної роботи здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня зі спеціальності G3 Електрична інженерія, ОПП «Електротехнічні системи електроспоживання» та «Енергоефективність та керування енергоспоживанням»/ [уклад.: П.Г.Плешков, Н.Ю.Гарасьова, С.В.Дубенко], Центральноукр. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2025 – 29 с.

Укладачі: П.Г.Плешков – проф., к.т.н., зав. кафедри ЕТС та ЕМ
Н.Ю.Гарасьова – доц., к.т.н., доцент кафедри ЕТС та ЕМ;
С.В.Дубенко – асистент кафедри ЕТС та ЕМ

Рецензент: О.П. Голик – доц., к.т.н., доцент кафедри АВП ЦНТУ

© Плешков П.Г., Гарасьова
Н.Ю., Дубенко С.В.
2025
© Центральноукраїнський
національний технічний
університет, 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ.....	6
2. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОБСЯГ ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ.....	8
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.....	8
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2.....	11
3. ПЕРЕЛІК ТЕМ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ.....	14
4. ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ.....	15
5. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ.....	18
6. ПОЛІТИКА ДИСЦИПЛІНИ.....	20
7. СИСТЕМА ПОТОЧНОГО Й ПІДСУМКОВОГО ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ.....	21
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	28

ВСТУП

Курс «Енергоефективний промисловий електропривод та системи керування технологічними процесами» відноситься до вибіркової частини навчання магістрів та відіграє значну роль у підготовці фахівців освітніх програм «Електротехнічні системи електроспоживання» та «Енергоефективність та керування енергоспоживанням» спеціальності G3 "Електрична інженерія".

Зміст освітньої вибіркової компоненти «Енергоефективний промисловий електропривод та системи керування технологічними процесами» містить: енергетичні характеристики електроприводів; енергетичні особливості і характеристики енергетичної ефективності статичних перетворювачів електроенергії, типові структури перетворювачів електроенергії; енергетичні характеристики регульованих електроприводів; енергозберігаючі аспекти застосування частотно-регульованого електроприводу; вибір раціонального способу і діапазону регулювання швидкості електроприводів в залежності від технологічних умов роботи машин і механізмів; принципи побудови енергоефективних систем керування промисловим електроприводом на базі сучасних електроприводів та засобів автоматизації.

Робочою програмою освітньої вибіркової компоненти передбачено проведення практичних робіт, основна мета яких полягає у комплексному застосуванні набутих на лекційних заняттях теоретичних знань. Під час занять здобувачі освіти повинні опанувати основні навички правильного вибору систем електроприводів в залежності від заданого технологічного процесу, проведення розрахунків, що пов'язані з електрозберігаючими режимами роботи електроприводів, як для систем регульованого електроприводу, так і для нерегульованих електроприводів.

Здобувачам вищої освіти, які обирають цю навчальну дисципліну надається можливість вивчення актуальних питань керування енергоефективністю засобами промислового електроприводу, дослідження енергетичних властивостей електроприводів та систем керування технологічними процесами.

1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ

Мета курсу: ознайомлення з тенденціями розвитку та основними підходами до енергозбереження в електроприводі, енергетичними властивостями електроприводів, дослідження раціональних режимів роботи та експлуатації технологічних установок та електропривода; систем керування технологічними процесами.

Завдання курсу полягає в ознайомленні з методами вибору раціонального типу електроприводу, проведенні аналізу умов експлуатації електроприводу, розрахунку потужності і теплових режимів роботи електроприводу, розрахунку економії електроенергії технологічними установками та електроприводом, дослідженні енергоефективних систем регульованого електропривода.

Результати навчання

Програмні результати вивчення дисципліни.

знати: енергетичні характеристики електроприводів; енергетичні особливості і характеристики енергетичної ефективності статичних перетворювачів електроенергії, типові структури перетворювачів електроенергії; енергетичні характеристики регульованих електроприводів; енергозберігаючі аспекти застосування частотно-регульованого електроприводу; вибір раціонального способу і діапазону регулювання швидкості електроприводів в залежності від технологічних умов роботи машин і механізмів; принципи побудови енергоефективних систем керування промисловим електроприводом на базі сучасних електроприводів та засобів автоматизації.

вміти: виконувати розрахунок потужності і вибір електродвигунів; перевірку двигунів по нагріванню при різних теплових режимах роботи; вибір системи електроприводу; вибирати спосіб регулювання продуктивності технологічних установок та механізмів; вибирати раціональний спосіб регулювання швидкості в залежності від характеру зміни навантаження; виконувати аналіз застосування частотно-регульованого електроприводу; застосовувати системи автоматизованого керування електричним приводом.

набути соціальних навичок (soft-skills): здійснювати професійну комунікацію, ефективно пояснювати і презентувати матеріал, взаємодіяти в проектній діяльності; небайдуже ставитися до участі у громадських суспільних заходах, спрямованих на підвищення рівня енергоефективності промислового електропривода.

Пререквізити

Ефективність засвоєння змісту дисципліни «Енергоефективний промисловий електропривод та системи керування технологічними процесами» значно підвищиться, якщо студент попередньо опанував матеріал таких дисциплін як: математика; фізика; теоретичні основи електротехніки; основи метрології та електричних вимірювань; алгоритмізація та програмування; електричні машини; комп'ютерна графіка; ТАК; автоматизований електропривод; основи енергозбереження.

2. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОБСЯГ ВИБІРКОВОЇ ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ

Змістовий модуль 1.

Тема 1. Загальна характеристика сучасного енергоефективного промислового електроприводу та систем керування технологічними процесами

Стислий зміст курсу. Задачі курсу. Структура сучасного промислового електроприводу. Стан та перспективи розвитку силових напівпровідникових елементів регульованого електроприводу. Основні тенденції енергозбереження за рахунок сучасного енергоефективного промислового електроприводу.

Контрольні запитання до теми № 1.

1. Які основні процеси впливають на енергозбереження в електроприводі?
2. Які основні напрямки впровадження енергозберігаючих заходів і засобів промислового електропривода?
3. У чому полягає удосконалення процедури вибору двигуна для конкретної технологічної установки?
4. За рахунок чого можна підвищити економічність масового нерегульованого електропривода?
5. За рахунок чого в енергозберігаючих двигунах підвищені номінальні значення ККД і $\cos \varphi$?
6. Для чого потрібно усунення проміжних передач в електроприводі?
7. Як підвищити ефективність виконання технологічного процесу ?
8. Як вибрати раціональні режими роботи й експлуатації електропривода?
9. Для чого застосовуються спеціальні регулятори електричної енергії?
10. Для чого потрібно впроваджувати регульований електропривод?

Тема 2. Енергетичні характеристики електроприводів

Електропривод і технологічні процеси. Структура та енергетична модель силового каналу електроприводу. Енергетичні моделі електродвигунів.

Втрати енергії при роботі електроприводу без навантаження, в перехідних режимах при пуску, реверсі, гальмуванні, змінах швидкості і навантаження. Коефіцієнт корисної дії.

Контрольні запитання до теми № 2.

1. З чого складається система електроприводу?
2. Яку структуру має електропривод?
3. Які елементи входять до силового каналу електроприводу?
4. Що таке цикл роботи електропривода?
5. Що таке енергетична модель електродвигуна?
6. Як визначаються постійні та змінні втрати потужності для асинхронного двигуна?
7. Від чого залежать втрати енергії при роботі електроприводу без навантаження?
8. Які є втрати енергії в динамічних режимах, від чого вони залежать?
9. Які основні енергетичні характеристики асинхронного двигуна?
10. Від чого залежить коефіцієнт потужності асинхронного двигуна?

Тема 3. Енергоефективні режими роботи електромеханічних установок та електропривода

Визначення факторів впливу на енергоефективність електромеханічних установок та електроприводу. Визначення енергоефективності електромеханічних систем з асинхронними двигунами.

Заощадження електричної енергії в двигунах. Впровадження енергоефективних двигунів. Заміна недовантажених електродвигунів двигунами меншої потужності. Заощадження електричної енергії за рахунок перемикання обмоток статора за схемою «трикутник-зірка». Енергозаощаджуючі режими роботи асинхронних двигунів.

Контрольні запитання до теми № 3.

1. Які значимі фактори впливу на енергоефективність електромеханічних систем?
2. Як відхилення напруги мережі впливає на роботу асинхронного двигуна?
3. Як несиметрія напруг впливає на роботу асинхронного двигуна?
4. Як несинусоїдальність напруги впливає на роботу асинхронного двигуна?
5. Як відхилення частоти впливає на роботу асинхронного двигуна?
6. Як здійснити обґрунтований вибір типу електроприводу?
7. Як обрати тип системи електроприводу (постійного чи змінного струму)?
8. Як здійснити обґрунтований вибір встановленої потужності приводу?
9. Що таке оптимальна завантаженість електроприводу?
10. Коли виконується заміна недовантажених двигунів двигунами меншої потужності?
11. Для чого застосовується багатодвигуновий електропривод?
12. Як здійснюється скорочення періоду неробочого ходу електроприводів?
13. Коли застосовується зниження напруги мережі електроживлення?
14. В чому сенс перемикання обмоток статора асинхронного двигуна з «трикутника» на «зірку»?

Тема 4. Заощадження електричної енергії в промисловому електроприводі

Заощадження електричної енергії в насосних установках. Підвищення коефіцієнта корисної дії насосних установок, вдосконалення регулювання роботи, впровадження енергоефективного частотно-регульованого електропривода.

Заощадження електричної енергії у вентиляційних установках. Заощадження електричної енергії в компресорних установках. Оцінка ефективності використання частотно-регульованих асинхронних електроприводів на виробництві

Контрольні запитання до теми № 4.

1. Які способи управління процесом використовуються при необхідності регулювання продуктивності і технологічних параметрів при нерегульованому електроприводі?
2. Які способи управління процесом використовуються при необхідності регулювання продуктивності і технологічних параметрів при регульованому електроприводі?
3. Як можна змінити продуктивність приводу?
4. Для яких виробничих механізмів підтверджена обґрунтованість впровадження регульованих асинхронних електроприводів?
5. Які технологічні задачі дозволяє вирішити регульованого електроприводу для насосних установок?
6. Для яких турбомеханізмів використовують регульований асинхронний електропривід?
7. У яких випадках здійснюють регулювання подачі насосів?
8. Порівняйте продуктивність насосів при дросельному і частотному регулюванні.
9. Які технологічні задачі дозволяє вирішити регульованого електроприводу для вентиляторних установок?
10. На які типи поділяються вентилятори?

Змістовий модуль 2.

Тема 5. Схемна реалізація автоматизованих електроприводів

Автоматизований електропривод змінного струму. Електроприводи з автоматичним пуском у функції струму. Електропривод з автоматичним пуском у функції часу. Частотно-регульований електропривод змінного струму.

Синтез енергоефективних систем управління електроприводом змінного струму і вибір керованого джерела живлення.

Регулювання швидкості двигунів сталого струму незалежного збудження за допомогою керованих тиристорних випрямлячів.

Контрольні запитання до теми № 5.

1. Як регулюється швидкість обертання асинхронного двигуна?

2. Який спосіб плавного регулювання швидкості обертання АД є раціональним?
3. Які бувають перетворювачі частоти за типом зв'язку з живлячою мережею?
4. Як влаштовані дволанкові перетворювачі частоти (ДПЧ)?
5. На які класи поділяються ДПЧ?
6. Які недоліки перетворювача частоти з АІН?
7. Які основні виробники перетворювачів частоти?
8. Які функціональні можливості мають ПЧ?
9. Яка найбільш розповсюджена силова структура ТПН – АД?

Тема 6. Моделювання режимів роботи технологічних установок з регулюванням електроприводом змінного струму

Узагальнені структурні схеми системи автоматичного керування установкою на основі частотно-регульованого асинхронного електропривода.

Синтез алгоритму керування контуром регулювання продуктивності установки. Комп'ютерне імітаційне моделювання системи автоматичного керування.

Контрольні запитання до теми № 6.

1. Що входить до складу узагальненої структурної схеми автоматичного керування рівнем напору в магістралі насосної станції?
2. Які типи насосів Ви знаєте?
3. Які основні параметри насосу?
4. Що представляють собою паспортні характеристики насосу?
5. Які електричні двигуни використовуються у приводах насосів?
6. Як описують характеристику гідромережі?
7. Що розуміють під протитиском комунікаційної системи?
8. Які недоліки існуючих способів опису характеристик насосу?
9. Який вплив величини протитиску на енергетичні показники насосу, на навантажувальну характеристику?
10. Як визначають діапазон регулювання частоти насосного агрегату?
11. Як виконується синтез системи автоматичного регулювання напору в магістралі насосної станції?
12. Який математичний пакет використовується для розрахунків?

Тема 7. Системи керування технологічними процесами

Загальна характеристика та призначення систем. Функції системи. Склад системи. Структура системи. Створення системи. Вузли верхнього рівня.

Автоматизована система керування технологічним процесом (АСКТП) системи водопостачання типової насосної станції (НС).

АСУ плавним пуском електроприводу НС системи водопостачання.

Контрольні запитання до теми № 7.

1. Яке призначення АСКТП?
2. З чого складається технологічний об'єкт керування?
3. Що таке система локального рівня?
4. Яке визначення об'єкту керування?
5. Які функції системи АСКТП?
6. Що належить до основних керувальних функцій системи?
7. Що належить до допоміжних керувальних дій системи?
8. Що належить до основних та допоміжних інформаційних функцій системи?
9. Які режими розрізняють залежно від участі людини у виконанні керувальних і інформаційних функцій системи?
10. Як відбувається реалізація автоматизованого режиму виконання керувальних функцій?
11. Як відбувається реалізація автоматичного режиму виконання керувальних функцій?
12. Що входить до складу системи?
13. Що входить до складу технічного та програмного забезпечення?
14. Що таке функціональна структура АСКТП?
15. Що таке технічна структура АСКТП?
16. Що являється основним вузлом обчислювальної мережі АСКТП?
17. Як поділяються робочі станції АСКТП?
18. Які існують варіанти створення АСКТП?
19. Що представляють собою вузли верхнього рівня АСКТП?
20. Які основні характеристики робочих станцій з ПК?
21. Які вимоги до програмного забезпечення АСКТП ?

3. ПЕРЕЛІК ТЕМ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Теми практичних робіт наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Теми практичних робіт

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Порівняння способів регулювання продуктивності режимів роботи електроприводів (на прикладі насосної установки)	4	1
2	Розрахунок та вибір перетворювача частоти для частотно-регульованого електроприводу насосного агрегату	4	
3	Перевірка відповідності двигуна та навантаження	2	
4	Встановлення обмежувачів холостого ходу для електроприводів	2	1
5	Плавний пуск у системах тиристорний перетворювач напруги – асинхронний двигун	4	
	Разом	16	2

4. ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Обов'язковим елементом успішного засвоєння навчального матеріалу дисципліни «Енергоефективний промисловий електропривод та системи керування технологічними процесами» є самостійна робота здобувачів із літературою українських та зарубіжних вчених.

Самостійна робота є основним засобом опанування навчальним матеріалом у час, вільний від нормованих навчальних занять, тобто лекційних та практичних занять (аудиторної роботи).

Основні види самостійної роботи, на які повинні звертати увагу студенти:

- вивчення лекційного матеріалу;
- робота з опрацювання та вивчення рекомендованої літератури;
- підготовка до практичних занять;
- підготовка до дискусій та інших пропонованих викладачем завдань;
- робота над індивідуальним завданням;
- самоперевірка студентом власних знань за запитаннями для діагностики рівня знань;
- підготовка до дискусій в аудиторії щодо розуміння вивченого матеріалу;
- підготовка до поточного та підсумкового контролів.

Опрацювання лекційного матеріалу. У системі різних форм навчально-виховної роботи особливе місце належить лекції, де викладач надає здобувачу основну інформацію, навчає розмірковувати, аналізувати, допомагає опанувати ключові знання, а також спрямовує самостійну роботу студента.

Зв'язок лекції і самостійної роботи здобувача розглядається в таких напрямках:

- лекція як головна початкова ланка, що визначає зміст і обсяг самостійної роботи студента;
- методичні прийоми читання лекцій, що активізують самостійну роботу здобувачів;
- самостійна робота, яка сприяє поглибленому засвоєнню теми на базі прослуханої лекції.

Перший етап самостійної роботи починається з процесу слухання та конспектування лекцій. Правильно складений конспект лекції - найефективніший засіб стимулювання подальшої самостійної роботи здобувачів освіти. Здобувач повинен чітко усвідомити, що конспект – це короткий тезовий запис головних положень навчального матеріалу. Складання і вивчення конспекту – перший етап самостійної роботи здобувача над вивченням теми чи розділу. Конспект допомагає в раціональній підготовці до практичних занять, складанні екзамену, у визначенні напрямку та обсягу подальшої роботи з літературними джерелами. Під час підготовки до лекції здобувач повинен опрацювати матеріал попередньої лекції з використанням підручників та інших джерел літератури. На лекціях висвітлюють тільки основні теоретичні положення та найбільш актуальні проблеми, тому більшість питань виноситься на самостійне опрацювання.

Підготовка до практичних занять. Підготовка до практичних занять розпочинається з опрацювання лекційного та методичного матеріалу до заданого заняття. Здобувач повинен самостійно ознайомитися з відповідним розділом робочої програми, підготувати відповіді на контрольні запитання, які подані в програмі у певній послідовності згідно з логікою засвоєння навчального матеріалу.

Практичні заняття збагачують та закріплюють теоретичні знання здобувачів, розвиваючи їх творчу активність, допомагають у набутті практичних навичок роботи за предметом навчальної компоненти. У процесі підготовки до практичних занять самостійна робота здобувачів є обов'язковою частиною навчальної роботи, без якої успішне і якісне засвоєння навчального матеріалу неможливе.

Відповідно до навчального плану з кожної теми курсу проводяться практичні заняття. Щороку викладачі уточнюють тематичний план проведення семінарських і практичних занять і ознайомлюють з ним здобувачів на першому занятті.

Викладач у вступній лекції рекомендує здобувачам основну і додаткову літературу, а також методичні рекомендації до самостійної роботи та до організації практичних занять з освітньої компоненти. У методичних вказівках з кожної теми наведено перелік питань для теоретичної підготовки до заняття.

У разі, коли здобувач не може самостійно розібратися в якомусь питанні, він може отримати консультацію у викладача (згідно з графіком проведення консультацій викладачами кафедри електротехнічних систем та

енергетичного менеджменту). Гарно організовані консультації дозволяють спрямувати самостійну роботу в потрібному напрямі, зробити раціональною та підвищити рівень її ефективності. Наочно організацію самостійної роботи представлено на рис. 1.



Рис.1. Етапи організації самостійної роботи здобувача

5. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Самостійна робота здобувачів денної форми навчання включає підготовку до аудиторних занять: опрацювання лекційного матеріалу (0,25 год./1год. лекцій); підготовку до практичних занять (0,5 год./1год. практичних занять); підготовку до контрольних заходів; опрацювання окремих тем програми або її частин, які не викладаються на лекціях; виконання індивідуального завдання (рефератів) здобувачами денної форми навчання; виконання контрольної роботи здобувачами заочної форми навчання.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Опрацювання лекційного матеріалу за темами 1-2, підготовка до виконання практичних робіт, оформлення звітів з виконаних робіт та підготовка до їх захисту. Підготовка до тестування «Тест №1 ».	18	28
2	Опрацювання лекційного матеріалу за темами 3-4, підготовка до виконання практичних робіт, оформлення звітів з виконаних робіт та підготовка до їх захисту. Підготовка до тестування «Тест №1 ».	18	27
3	Опрацювання лекційного матеріалу за темами 5-6, підготовка до виконання практичних робіт, оформлення звітів з виконаних робіт та підготовка до їх захисту. Підготовка до тестування «Тест №2 ».	18	27
4	Опрацювання лекційного матеріалу за темою 7, підготовка до виконання практичних робіт, оформлення звітів з виконаних робіт та підготовка до їх захисту. Підготовка до тестування «Тест №2 », підготовка до тестування «Підсумковий контроль ».	18	28
	Разом	72	114

Теми індивідуального завдання (рефератів):

1. Перехід на енергозберігаючі двигуни і двигуни поліпшеної конструкції.
2. Узгодження режимів роботи установки при зміні навантаження.
3. Підвищення ККД установки.
4. Регулювання продуктивності установки.
5. Виконання оптимальної циклограми й упорядкування графіка навантажень.
6. Забезпечення нормованого завантаження (для підйомних машин, конвеєрів і т.д.).
7. Вибір раціонального способу і діапазону регулювання швидкості електропривода в залежності від технологічних умов роботи машин і механізмів.
8. Вибір раціонального способу регулювання швидкості в залежності від характеру зміни навантаження.
9. Підвищення завантаження робочих машин.
10. Виключення режиму неробочого ходу.
11. Зниження напруги на затискачах двигуна.
12. Мінімізація струму і втрат енергії АД при зміні навантаження.
13. Оптимізація динамічних режимів.
14. Використання синхронної машини як компенсатора реактивної потужності.
15. Силовий канал електропривода.
16. Енергетичні моделі електродвигунів.
17. Вплив відхилення напруги мережі на роботу асинхронного двигуна.
18. Вплив несиметрії напруг на роботу асинхронного двигуна.
19. Вплив несинусоїдальності напруги на роботу асинхронного двигуна.
20. Вплив відхилення частоти на роботу асинхронного двигуна.
21. Відцентрові та осьові вентилятори.

6. ПОЛІТИКА ДИСЦИПЛІНИ

Академічна доброчесність/норми академічної етики:

Очікується, що здобувачі будуть дотримуватися принципів академічної доброчесності, усвідомлювати наслідки її порушення. Здобувач вищої освіти має дотримуватись «Кодексу академічної доброчесності», що визначає цінності, якими керуються учасники університетської спільноти Центральноукраїнського національного технічного університету і встановлює етичні норми відносин в академічному середовищі.

Відвідування занять:

Відвідування занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі здобувачі відвідають лекції й практичні заняття курсу.

Пропущені заняття повинні бути відпрацьовані не пізніше, ніж за тиждень до залікової сесії.

Пропущені контрольні заходи:

Тематичне завдання, яке подається на перевірку з порушенням терміну виконання, не оцінюється.

Позааудиторні заняття:

Передбачено можливість в межах вивчення навчальної дисципліни виїзних занять – участь в конференціях, форумах, круглих столах тощо.

Поведінка на заняттях:

Недопустимість: запізнь на заняття, прояви академічної недоброчесності, несвоєчасне виконання поставленого завдання.

Під час організації освітнього процесу в Центральноукраїнському національному технічному університеті здобувачі, викладачі та адміністрація діють відповідно до: Положення про організацію освітнього процесу в ЦНТУ; Положення про організацію вивчення вибіркового навчальних дисциплін у Центральноукраїнському національному технічному університеті; Положення про систему забезпечення якості освітньої діяльності та якості вищої освіти у ЦНТУ; Положення про рубіжний контроль успішності та сесійну атестацію здобувачів вищої освіти Центральноукраїнського національного технічного університету; Положення про дотримання академічної доброчесності НПП та здобувачами вищої освіти ЦНТУ; Положення про критерії оцінювання ЦНТУ.

7. СИСТЕМА ПОТОЧНОГО Й ПІДСУМКОВОГО ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ

Методи навчання

Ключові підходи до викладання дисципліни «Енергоефективний промисловий електропривод та системи керування технологічними процесами» включають:

- вербальні методи (лекційний матеріал, обговорення, пояснення);
- візуальні засоби (ілюстративні матеріали, презентації, схеми, діаграми, мультимедійні проекти);
- виконання практичних завдань, підготовка рефератів і самостійне опрацювання матеріалу;
- розвиток навичок самоконтролю та формування мотивації до навчання.

До вербальних методів належать лекції, пояснення та навчальні бесіди, під час яких викладач систематизовано подає матеріал, розкриває ключові поняття й відповідає на запитання студентів. Візуальні засоби передбачають використання ілюстрацій, схем, діаграм, а також мультимедійних презентацій, що сприяє кращому розумінню складних технічних процесів.

Практична складова реалізується через виконання лабораторних і розрахункових робіт, підготовку рефератів та індивідуальних завдань, що дозволяє закріпити отримані знання та розвинути професійні компетентності. Важливе місце також займає самостійна робота студентів, спрямована на поглиблене опрацювання матеріалу.

Окрему роль відіграють елементи самоконтролю та мотивації, які допомагають студентам оцінювати власний рівень підготовки, розвивати відповідальність за результати навчання та підтримувати інтерес до дисципліни. Основні підходи до викладання дисципліни наведено на рис.2.

Методи контролю

Система внутрішнього контролю якості вищої освіти передбачає кілька форм перевірки знань, зокрема: самоконтроль, вхідний, поточний і семестровий контроль, а також ректорську перевірку залишкових знань і підсумкову атестацію здобувачів.

Методологія викладання: Енергоефективний електропривод



Рис. 2. Методи навчання

У межах дисципліни «Енергоефективний промисловий електропривод та системи керування технологічними процесами» протягом навчального процесу застосовуються самоконтроль, вхідний, поточний і підсумковий (семестровий) контроль, який реалізується у формі заліку наприкінці семестру.

На початку більшості лекційних занять (за винятком першого заняття та занять, відведених для рубіжного контролю) викладач проводить коротке опитування студентів з метою перевірки рівня засвоєння матеріалу попередньої теми.

Індивідуальне завдання, яке виконується у форматі реферату, подається студентом як в електронному, так і в друкованому вигляді. Після цього передбачено усний захист роботи, під час якого здобувач демонструє розуміння опрацьованого матеріалу та відповідає на запитання.

Схема нарахування балів з дисципліни «Енергоефективний промисловий електропривод та системи керування технологічними процесами»

Вид виконання	Кількість балів
Поточне опитування в усній формі під час лекційних занять	1 бал за правильну відповідь на кожній лекції, сумарно 16 балів
Проведення рубіжних контрольних завдань в письмовій або тестовій формі: 2 рубіжних завдання в кожному завданні 10 питань та підсумковий контроль -20 питань.	1,0 бали за кожну правильну відповідь, сумарно 40 балів
Виконання практичних робіт: - виконання роботи - оформлення звіту з практичної роботи - захист звіту з практичної роботи	2 бали 1 бали 2 бали 5 балів за одну практичну роботу, сумарно 20 балів
Виконання індивідуального завдання: - повнота викладеного матеріалу - дотримання вимог до оформлення реферату - логічна послідовність викладеного матеріалу - формулювання висновків - дотримання академічної доброчесності - захист індивідуального завдання	6 балів 2 бал 4 бали 4 бали 4 бали 4 бали Сумарно 24 балів
Разом	100 балів

Поточний контроль реалізується впродовж семестру під час аудиторних занять і визначається загальною кількістю балів, отриманих студентом за цей період. Його ключове призначення полягає у перевірці готовності здобувачів вищої освіти до виконання конкретних завдань на заняттях, а також у визначенні рівня засвоєння навчального матеріалу. Водночас поточний контроль забезпечує постійний зворотний зв'язок між викладачем і студентами денної форми навчання, сприяючи підтримці їхньої навчальної активності та мотивації. За підсумками оцінювання на

практичних заняттях приймається рішення щодо допуску або недопуску здобувача до виконання відповідних практичних робіт.

Зазначений вид контролю може проводитися в різних формах, зокрема усній, письмовій або у вигляді комп'ютерного тестування, як під час практичних, так і лекційних занять. Конкретні способи його реалізації, критерії оцінювання, порядок нарахування балів, а також вимоги до рівня знань, умінь і навичок студентів визначаються робочою програмою відповідної навчальної дисципліни.

Семестровий підсумковий контроль має на меті встановлення ступеня досягнення здобувачами вищої освіти запланованих результатів навчання, передбачених робочою програмою. До його проходження допускаються лише ті студенти, які виконали всі передбачені навчальним планом види робіт у межах дисципліни та дотрималися умов навчання.

Форма проведення підсумкового контролю визначається навчальним планом і може включати екзамен, диференційований залік або залік. Таке оцінювання здійснюється у строки, встановлені графіком освітнього процесу, а зміст контрольних заходів регламентується робочими програмами дисциплін.

Підсумкова оцінка з дисципліни формується за національною шкалою та шкалою ЄКТС, що забезпечує об'єктивність і порівнюваність результатів навчання.

Екзаменаційна (залікова) оцінка за шкалою ЄКТС формується шляхом переведення підсумкового результату семестрового контролю, вираженого у 100-бальній системі, у відповідні літерні категорії (A, B, C, D, E, FX, F), які відображають рівень досягнень здобувача.

Оцінка за національною шкалою також визначається на основі 100-бальної системи та трансформується у традиційні академічні результати («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно», «зараховано», «не зараховано»). При цьому під час екзаменаційного контролю враховується як теоретична підготовка студентів, так і рівень сформованості їхніх практичних умінь.

Критерії оцінювання знань здобувачів вищої освіти можна узагальнити таким чином:

– «відмінно» – студент демонструє ґрунтовне та системне розуміння навчального матеріалу, глибоко орієнтується у змісті дисципліни, впевнено використовує знання з наукових джерел і літератури, логічно викладає думки, ефективно застосовує теорію на практиці та проявляє високий рівень сформованих навичок;

– «добре» – здобувач володіє навчальним матеріалом на належному рівні, аргументовано його подає, має необхідні практичні вміння, однак допускає окремі неточності або незначні логічні похибки;

– «задовільно» – студент у цілому орієнтується в теоретичному матеріалі, але відповіді є недостатньо переконливими, виникають труднощі при додаткових запитаннях, спостерігаються помилки у застосуванні знань на практиці;

– «незадовільно» – здобувач не засвоїв основний зміст дисципліни, не орієнтується у базових поняттях і джерелах, не володіє необхідними навичками.

Для переведення балів у відповідні оцінки використовується встановлена шкала, яка забезпечує уніфікованість результатів як за національною системою, так і за шкалою ЄКТС.

Здобувачі, які не з'явилися на залік без поважних причин, автоматично отримують незадовільний результат, однак така оцінка не фіксується у заліковій книжці. Підсумки семестрового контролю вносяться викладачем до екзаменаційно-залікової відомості та індивідуальних документів здобувача.

У разі наявності документально підтверджених поважних причин (захворювання, сімейні обставини, участь у міжнародних стажуваннях тощо) студенту може бути надано індивідуальний графік складання підсумкового контролю. Таке рішення приймається за поданням декана та з дозволу керівництва закладу освіти, після чого оформлюється індивідуальна відомість для складання екзамену або заліку.

Розподіл нарахування балів зазначено у таблиці 1.

Таблиця 1 - Розподіл балів, які отримують здобувачі під час вивчення дисципліни

Поточне тестування та самостійна робота									ПТ	Σ
ЗМ 1					ЗМ 2					
T1	T2	T3	T4	ЗК1	T5	T6	T7	ЗК 2	20	100
7	7	8	8	10	8	8	14	10		

Примітка: T1, T2, ..., T7 – тема програми; ЗМ1, ЗМ2 - змістовий контроль по першому та другому модулю; ПТ – підсумковий тест, Σ -загальна кількість балів.

Схему нарахування балів протягом семестру наведено на рис.3.

Навігатор оцінювання: Як отримати 100 балів з дисципліни



Рис.3. Схема нарахування балів протягом семестру

Семестровий контроль результатів навчання у формі заліку може проводитися із використанням систем дистанційного навчання, зокрема Moodle, або за допомогою сучасних засобів онлайн-комунікації, таких як Zoom, Google Meet та інші платформи, за умови забезпечення достовірної ідентифікації здобувача освіти.

У дистанційному форматі залік може передбачати різні форми перевірки знань: усне опитування, виконання тестових завдань, розв'язання типових і комплексних задач, а також завдань творчого характеру, що вимагають узагальнення знань і їх застосування на практиці.

Організація та послідовність проведення заліку визначаються з урахуванням технічних можливостей і комунікаційних умов усіх учасників освітнього процесу. При цьому здобувачі освіти повинні мати стабільне

інтернет-з'єднання, а для усних відповідей - відповідні технічні засоби (смартфон, комп'ютер, планшет) із мікрофоном.

Зміст контрольних завдань може включати:

- питання, що дають змогу оцінити рівень теоретичної підготовки та практичних умінь, а також сформованість компетентностей;
- тестові завдання з бази, розміщеної у системі Moodle;
- ситуаційні та творчі задачі, які потребують комплексного підходу до їх розв'язання;
- інші види завдань, спрямовані на перевірку досягнутих результатів навчання.

За наявності відповідних технічних умов здобувачам освіти надається можливість скласти залік у дистанційному форматі в межах визначеного часового інтервалу, погодженого з викладачем.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Худяєв О. А., Обруч І. В., Асмолова Л. В. Частотне керування асинхронним електроприводом : навч. посіб. – Харків : Право, 2023. – 250 с.
2. Возняк О. М., Штуць А. А., Колісник М.А. Сучасні системи електроприводів Теорія та практика. Частина 1. /Навчальний посібник. – Вінниця: ТВОРИ, 2021. – 280 с.
3. Видмиш А. А., Ярошенко Л. В. Основи електропривода. Теорія та практика. Ч. 1 : навч. посіб. – Вінниця : ВНАУ, 2020. – 387 с.
4. Плешков С.П., Серебренніков С.В. Енергоефективний електропривод у промисловості та сільськогосподарському виробництві. Навчальний посібник. – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2016. – 160 с.
5. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств: навч. посіб. / [О.І. Соловей, В.П. Розен, П.Г. Плешков, С.В. Серебренніков, В.Ф. Ткаченко, К.Г. Петрова]; М-во освіти і науки України, Кіров. нац. техн. ун-т. – Черкаси: видавець Чабаненко Ю., 2015. – 316 с.
6. Загірняк М. В., Алексеева Ю. О, Конох І. С., Коренькова Т. В. Екстремальна система керування насосним комплексом за критерієм максимальної ефективності. Технічна електродинаміка. 2019. №1. С. 79–84.
7. Оптимальне керування в електромеханічних системах [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» з дисципліни «Системи оптимального та інтелектуального керування» / О. І. Толочко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2865 кБ). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 116 с.
8. 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.
9. Моделювання електромеханічних систем. Математичне моделювання систем асинхронного електроприводу: навчальний посібник / О. І. Толочко. – Київ, НТУУ «КПІ», 2016. – 150 с. Іл
10. Практикум та тестові завдання з автоматизованого електропривода типових промислових механізмів: Навчальний посібник /Т.В. Коренькова, А.І. Гладир, Ю.О. Алексеева. – Кременчук: Вид. ПП Щербатих О.В., 2014. – 192 с.

11. Шевченко І.С., Морозов Д.І. Спеціальні питання теорії електропривода. Динаміка асинхронного електропривода: навч. посібник / І.С. Шевченко, Д.І. Морозов. – Київ: Кафедра, 2014. – 328 с.

12. М. В. Загірняк, Т. В. Коренькова, А. П. Калінов, А. І. Гладирь, В. Г. Ковальчук Сучасні перетворювачі частоти в системах електропривода: навчальний посібник. Харків: Видавництво «Точка», 2017. 206 с. ISBN 978-617-7470-78-5

Інформаційні ресурси:

13. Дистанційна освіта ЦНТУ [Електронний ресурс] / МОН України. - Кропивницький <https://moodle.kntu.kr.ua/>

14. Центральноукраїнський національний технічний університет: кафедра «Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент» [Електронний ресурс] / МОН України. – Кропивницький: Кафедра ЕТС та ЕМ, 2022. – Режим доступу: <http://etsem.kntu.kr.ua/>