

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «СИЛОВІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ АВТОМАТИЗОВАНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ»



Ступінь освіти	бакалавр
Спеціальність	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Тривалість викладання	осінній семестр (13/14 чверть)
Кількість кредитів	4 кредити ЄКТС (120 годин)
Заняття:	
лекції:	2/2 години
лабораторні:	1/2 години
Мова викладання	українська

Сторінка курсу в СДО НТУ «ДП» <https://do.nmu.org.ua/course/view.php?id=964>
Кафедра, що викладає Електропривода (ЕП)



Викладач:

Бородай Валерій Анатолійович

Доцент, кандидат технічних наук,
доцент кафедри електропривода

Персональна сторінка:

<https://elprivod.nmu.org.ua/ua/department/boroday.php>

Е-mail:

Borodai.v.a@nmu.one

1. Анотація до курсу

Предметом курсу є розділ промислової електроніки, який називають перетворювальною технікою, силовою або енергетичною електронікою. На відміну від електроніки малих струмів, що розглядає процеси перетворення інформації, предметом силової електроніки є перетворення електричної енергії до вигляду, придатного для живлення вимогливих споживачів.

Якщо комп'ютер є мозком сучасних технологій, то силова електроніка (дуже часто у складі електроприводу) – її м'язи. Прогрес у галузі перетворювальної техніки був причиною більшості революцій в електроприводі. Найбільшої уваги в курсі приділено найрозповсюдженішим в електроприводі керованим випрямлячам та перетворювачам частоти. Останні на сьогодні є єдиним різновидом перетворювачів енергії для електроприводів змінного струму, за допомогою яких можна реалізувати глибоке та економічне регулювання швидкості. Саме ці перетворювачі внаслідок бурхливого прогресу у виробництві цілком керованих напівпровідникових ключів набули останніми роками найбільш динамічного розвитку, зробивши асинхронні та

синхронні електроприводи конкурентноспроможними порівняно з електроприводами постійного струму в багатьох галузях промисловості.

Під час побудови курсу автор намагався завжди відповідати принаймні на три запитання: як це влаштовано, як це працює і які споживчі якості має.

2. Мета та завдання курсу

Мета дисципліни – формування у здобувачів вищої освіти компетентностей щодо побудови, принципу дії та аналізу процесів у перетворювачах електричної енергії для електроприводів.

Завдання курсу:

- ознайомити здобувачів вищої освіти з класифікацією, призначенням, загальною будовою перетворювачів енергії та елементною базою їхньої силової частини;
- вивчити схемотехніку керованих випрямлячів, перебіг електромагнітних процесів у силовій частині при їх роботі на різні типи навантаження та в різних режимах (випрямному та інверторному);
- вивчити побудову та принцип дії систем керування випрямлячами;
- розглянути схеми та принципи керування реверсивними випрямлячами;
- ознайомитись з основними характеристиками випрямлячів (регульовальними, зовнішніми, енергетичними);
- вивчити схемотехніку переривників постійного струму, електромагнітні процеси в них, способи та системи керування ними;
- вивчити загальну будову дволанкових перетворювачів частоти, схемотехніку та процеси в автономних інверторах напруги та струму з амплітудною та широтно-імпульсною модуляцією;
- ознайомитись із схемотехнікою та принципом дії безпосередніх перетворювачів частоти;
- отримати уявлення про можливості сучасних перетворювачів частоти з цифровим керуванням;
- ознайомитись із схемотехнікою, принципом дії тиристорних регуляторів змінного струму та їх використанням в електротехнологіях та електроприводі.

3. Результати навчання:

Дисциплінарні результати навчання:

- розуміти загальні принципи побудови силових перетворювачів енергії;
- розуміти принцип дії, призначення та аналізувати процеси у керованих випрямлячах;
- розуміти принцип дії, призначення та аналізувати процеси у переривниках постійного струму;
- розуміти принцип дії, призначення та аналізувати процеси у автономних інверторах і перетворювачах частоти;
- розуміти принцип дії, призначення та аналізувати процеси у тиристорних регуляторах змінного струму.

4. Структура курсу

ЛЕКЦІЇ

1. Перетворювачі електричної енергії в сучасному електроприводі

1.1. Місце та роль перетворювачів енергії (ПЕ) в електроприводі

1.2. Класифікація ПЕ

1.3. Силові ключі сучасних ПЕ

2. Керовані випрямлячі

- 2.1. Побудова та робота однофазних та трифазних керованих випрямлячів (КВ) у випрямному режимі
- 2.2. Інверторний режим КВ
- 2.3. Природна комутація у КВ
- 2.4. Регульовальні та зовнішні характеристики КВ
- 2.5. Системи імпульсно-фазового керування випрямлячами
- 2.6. Реверсивні випрямлячі
- 2.7. Енергетичні характеристики випрямлячів

3. Переривники постійного струму

- 3.1. Принцип однополярної широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). Найпростіший послідовний переривник постійного струму
- 3.2. Паралельний та двоквADRANTний переривники
- 3.3. Реверсивні переривники. Двополярна ШІМ
- 3.4. Системи керування переривниками

4. Автономні інвертори та перетворювачі частоти

- 4.1. Однофазний автономний інвертор напруги (АІН) з амплітудною модуляцією
- 4.2. Трифазний АІН з амплітудною модуляцією
- 4.3. Робота АІН на проти-ЕРС
- 4.4. АІН з ШІМ
- 4.5. Однофазний та трифазні автономні інвертори струму (АІС)
- 4.6. Робота АІС на проти-ЕРС. АІС, ведений навантаженням
- 4.7. АІС із ШІМ
- 4.8. Безпосередні перетворювачі частоти (БПЧ) з природною комутацією
- 4.9. БПЧ із штучною комутацією

5. Тиристорні регулятори змінного струму

- 5.1. Принцип дії тиристорних регуляторів змінного струму
- 5.2. Використання тиристорних регуляторів. Пристрої плавного пуску

ЛАБОРАТОРНІ ЗАНЯТТЯ

1. Дослідження роботи однофазних керованих випрямлячів
2. Дослідження однофазного мостового випрямляча при роботі на проти-ЕРС
3. Дослідження неререверсивних переривників постійної напруги
4. Дослідження реверсивних переривників постійної напруги
5. Дослідження однофазних автономних інверторів напруги
6. Дослідження трифазних автономних інверторів напруги

5. Технічне обладнання та/або програмне забезпечення

Технічні засоби навчання.

Дистанційна платформа MOODLE, MS Teams.

Під час виконання практичних робіт використовуються пакети MS Excel та MATLAB/Simulink.

6. Система оцінювання та вимоги

6.1. Навчальні досягнення здобувачів вищої освіти за результатами вивчення курсу оцінюватимуться за шкалою, що наведена нижче

Рейтингова шкала	Інституційна шкала
90 – 100	Відмінно
74-89	Добре
60-73	Задовільно
0-59	Незадовільно

Загальні критерії досягнення результатів навчання відповідають описам 6-го кваліфікаційного рівня НРК.

6.2. Практичні роботи приймаються за контрольними запитаннями до кожної з роботи. Кожна із 6 робіт оцінюється по 10-бальній шкалі (тобто максимальна сума балів за практичні роботи складає **60 балів**).

6.3. Теоретична частина оцінюється за результатами здачі наприкінці кожної чверті контрольних тестових завдань, кожне з яких містить 25 запитань. За правильну відповідь на одне запитання студент отримує 2 бали (тобто максимальна сума балів за теоретичну частину – **100 балів**).

6.4. Підсумкова оцінка за курс (за 100-бальною шкалою):

$$ПО = СБ_{пр} + \frac{2}{5} СБ_{т},$$

де $СБ_{пр}$ – сума балів за здачу практичних робіт; $СБ_{т}$ – сума балів за теоретичну частину;

6.5. Здобувачі вищої освіти можуть отримати підсумкову оцінку з дисципліни на підставі поточного оцінювання знань за умови, якщо набрана кількість балів (розрахована за формулою в п.6.4.) з поточного тестування з теоретичної частини та практичних робіт складатиме не менше 60 балів.

У випадку якщо здобувач вищої освіти за поточною успішністю отримав менше 60 балів та/або прагне поліпшити оцінку проводиться підсумкове оцінювання (диференційований залік) під час контрольних заходів. Якщо здобувач не здав виконаних індивідуальних завдань (мінімум дві практичні роботи), він отримує незадовільну підсумкову оцінку з дисципліни.

Залік проводиться у вигляді комплексної контрольної роботи, яка включає запитання з теоретичної та практичної частини курсу. Максимально за підсумковою роботою здобувач вищої освіти може набрати **100 балів**.

7. Політика курсу

7.1. Політика щодо академічної доброчесності. Академічна доброчесність здобувачів вищої освіти є важливою умовою для опанування результатами навчання за дисципліною і отримання задовільної оцінки з поточного та підсумкового контролів. Академічна доброчесність базується на засудженні практик списування (виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання), плагіату (відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства), фабрикації (вигадування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі). Політика щодо академічної доброчесності регламентується положенням "Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» (http://www.nmu.org.ua/ua/content/activity/us_documents/System_of_prevention_and_detection_of_plagiarism.pdf).

У разі порушення здобувачем вищої освіти академічної доброчесності (списування, плагіат, фабрикація), робота оцінюється незадовільно та має бути

виконана повторно. При цьому викладач залишає за собою право змінити тему завдання.

7.2. Комунікативна політика. Здобувачі вищої освіти повинні мати активовану університетську пошту. Усі письмові запитання до викладачів стосовно курсу мають надсилатися на університетську електронну пошту.

7.3. Політика щодо перескладання. Перескладання відбувається із дозволу деканату за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

7.4 Політика щодо оскарження оцінювання. Якщо здобувач вищої освіти не згоден з оцінюванням його знань він може опротестувати виставлену викладачем оцінку у встановленому порядку.

7.5. Відвідування занять. Для здобувачів вищої освіти денної форми відвідування занять є обов'язковим. Поважними причинами для неявки на заняття є хвороба, участь в університетських заходах, академічна мобільність, які необхідно підтверджувати документами. Про відсутність на занятті та причини відсутності здобувач вищої освіти має повідомити викладача або особисто, або через старосту.

За об'єктивних причин (наприклад, міжнародна мобільність) навчання може відбутись в он-лайн формі за погодженням з керівником курсу.

8 Рекомендовані джерела інформації

Основні:

1. Казачковський М.М. Керовані випрямлячі. – Дніпропетровськ: НГА України, 1999. – 228 с.
2. Казачковський М.М. Автономні перетворювачі та перетворювачі частоти. – Дніпро: НГУ, 2017. – 324 с.
3. Силові перетворювачі автоматизованих електроприводів». Збірник методичних вказівок до лабораторних занять та самостійної роботи (Частина 1. Керовані випрямлячі) для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/ М.М. Казачковський; НТУ «Дніпровська політехніка». – Д.: НТУ «ДП», 2018. – 66 с.
4. Силові перетворювачі автоматизованих електроприводів». Збірник методичних вказівок до лабораторних занять та самостійної роботи (Частина 2. Переривники та перетворювачі частоти) для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/ М.М. Казачковський; НТУ «Дніпровська політехніка». – Д.: НТУ «ДП», 2018. – 61 с.

Додаткові

5. М.Я. Островерхов, В.І. Сенько, В.І. Чибеліс. О-771 Імпульсні перетворювачі стабілізованої напруги. — Київ, 2020. — 242 с
6. Силові перетворювачі відновлювальної енергетики. Навчальний посібник / С.М. Бойко, І.В. Касаткіна, О.М. Городній, О.А. Жуков – Варшава: iScience Sp. z.o.o. – 2024 – 230 с.
7. Шавьолкін О. О. Силові напівпровідникові перетворювачі енергії : навч. посібник / О. О. Шавьолкін ; Харків. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 403 с.
8. Сенько В.І., Трубіцин К.В., Чибеліс В.І. С31 Інвертори і перетворювачі частоти : навч. посіб — Київ : Видавництво Ліра-К, 2020. — 300 с.

9. Література на сайті кафедри електропривода:
<http://elprivod.nmu.org.ua/ua/books/converters.php>