



# СИЛОВІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ

## 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>III курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин / 4 кредити ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua">http://rozklad.kpi.ua</a></i>
Мова викладання	<i>Українська/Англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н. Шаповал Іван Андрійович, 0677762187 Лабораторні роботи: Родькін Дмитро Ілліч</i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://classroom.google.com/c/MTQ2MjEyNjM5MzY4?cjc=khqwlna">https://classroom.google.com/c/MTQ2MjEyNjM5MzY4?cjc=khqwlna</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

*Програму навчальної дисципліни «Силові перетворювачі електроприводів» складено відповідно до освітньої програми «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» підготовки бакалаврів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.*

*Метою навчальної дисципліни є підсилення у студентів таких здатностей: здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу; усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці; здатність застосовувати пакети моделюючих програм для аналізу, синтезу та дослідження електромеханічних систем автоматизації та електроприводів.*

*Предмет навчальної дисципліни – елементна база, схеми силових кіл, принцип дії, режими роботи, електромагнітні процеси, принципи керування та енергетичні показники автономних перетворювачів (перетворювачів постійного струму, інверторів напруги та струму), а також перетворювачів частоти (двоступеневих та безпосередніх).*

***Програмні результати навчання:***

*Компетенції: (К15) здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого*

електроприводу; (K20) усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці; (K23) здатність застосовувати пакети моделюючих програм для аналізу, синтезу та дослідження електромеханічних систем автоматизації та електроприводів.

Знання: (ПР05) знати основи теорії електромагнітного поля, методи розрахунку електричних кіл та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності; (ПР07) здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.

Уміння: (ПР10) знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність; (ПР18) вміти самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірною технікою та прикладним програмним забезпеченням.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент має володіти "Теоретичними основами електротехніки" та "Електроприводу".

### **3. Зміст навчальної дисципліни**

Дисципліну структурно розділено на **3 розділи**, а саме:

#### **1. Основні елементи силових електроніки.**

Тема 1.1. Елементна база силових перетворювачів частоти.

#### **2. Силові перетворювачі.**

Тема 2.1. Випрямлячі (некеровані, керовані).

Тема 2.2. Силові перетворювачі (безпосередні перетворювачі, пристрої плавного пуску, автономні інвертори).

Тема 2.3. Керування силовими перетворювачами.

#### **3. Джерела живлення.**

Тема 3.1. Типові варіанти побудови джерел живлення.

Тема 3.2. Перетворювачі постійної напруги.

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

#### Основні інформаційні ресурси:

1. Енергетична електроніка: навчальний посібник / О.О. Шавьолкін, К. : КНУТД, 2017, 396 с.

2. Казачковський М.М. Автономні перетворювачі та перетворювачі частоти: навч. посіб. [Електронний ресурс]. М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. Дніпро.: НГУ, 2017. 324 с.

3. Сучасні перетворювачі частоти в системах електропривода : навч. посібник / М. В. Загірняк, Т. В. Коренькова, А. П. Калінов, А. І. Гладир, В. Г. Ковальчук. –2-ге вид., переробл. і доповн.– Харків: Видавництво «Точка», 2017. –206с.

4. Mohan N. Power Electronics. A first Course. John Wiley & Sons, Inc, 2012. XIV. 270 p.

5. B. K. Bose. Power Electronics and Motor Drives: Advances and Trends. Elsevier/Academic Press, 2020.

6. Rashid H. Power Electronics Handbook: 3rd edition. Butterworth-Heinemann, 2011. 1390 p.

7. Husain M. *Practical Power Electronics. Applications, Experiments and Animations.* Singapore: Partridge, 2015. 111 p.

8. Попович М.Г., Лозинський О.Ю., Клепиков В.Б. та ін. *Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. Посібник за ред. М.Г. Поповича.* К.: Либідь, 2005. 680 с.

Додаткові:

9. Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. *Електроніка і мікросхемотехніка: підручник для студентів вищих навч. закладів.* К.: Каравела, 2009. 416 с.

10. Руденко В.С., Ромашко В.Я., Трифонюк В.В. *Промислова електроніка.* К.: Либідь, 1993. 432 с.

## 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	Вступ. <b>Розділ 1. Основні елементи силової електроніки</b> Елементна база. Конструктивні особливості та основні характеристики силового діоду. Література [1] - [6].
2	Елементна база. Конструктивні особливості та основні характеристики тиристорів та силових транзисторів. Характеристики, основні параметри, типи корпусів. Література [1] - [5], [8].
3	Елементна база. Силові транзистори (типові схеми включення). Оптрони, драйвера (визначення, область застосування). Література [1] - [4], [7].
4	Оптрони, драйвера (характеристики, схеми вмикання). Література [1] - [4], [7].
5	<b>Розділ 2. Силові перетворювачі</b> Некеровані випрямлячі (однофазна та трифазна мостові схеми). Література [1] - [4], [8].
6	Керовані випрямлячі на тиристорах та транзисторах. Література [1] - [4], [7], [8].
7	Пристрій плавного пуску (принцип роботи, характеристики). Література [7], [8].
8	Автономний інвертор напруги (AИH) та автономний інвертор струм (AIC). Література [1] - [4], [7], [8].
9	Перетворювач частоти за схемою некерований випрямляч – AИH (функціональна схема, призначення основних вузлів). Література [1] - [4], [7], [8].
10	Типові схеми АС-АС перетворювачів (безпосередній перетворювач, матричний перетворювач). Література [1] - [4], [7], [8].
11	Широтно-імпульсна модуляція (класифікація, принцип роботи). Широтно-імпульсний перетворювач (ШІП). Література [1] - [4], [7], [8].
12	Робота ШІП при симетричному та несиметричному керуванні. Поняття про мертвий час. Література [1] - [4], [7], [8].
13	Трифазна скалярна ШІМ (принцип формування). Література [1] - [4], [7], [8].
14	Модульна контрольна робота
15	<b>Розділ 3. Джерела живлення</b> Лінійні джерела живлення. Література [1] - [4], [7], [8].

16	Прямоходові та зворотньоходові перетворювачі постійної напруги. Література [1] - [4], [7], [8].
17	Багатотактні перетворювачі постійної напруги. Література [1] - [4], [7], [8].
18	Коректор потужності (принцип дії). Література [1] - [4], [7], [8].

#### Лабораторні роботи

Основні завдання циклу лабораторних робіт є закріплення теоретичних знань з кредитного модуля, набуття студентами практичних навичок із проведення експериментальних досліджень, розрахунку та вибору силових елементів перетворювачів частоти.

№ з/п	Назва лабораторної роботи
1	Ознайомлення з лабораторними стендами та з порядком підготовки, виконання й захисту лабораторних робіт.
2	Дослідження елементної бази силових перетворювачів (діод, стабілітрон, оптопара, IGBT). Література [1] – [4].
3	Дослідження вихідних характеристик широтно-імпульсного перетворювача при роботі на різні типи навантаження (симетричний та несиметричний режими роботи). Література [1] – [4].
4	Дослідження роботи автономного інвертора напруги. (вплив величини ємності фільтру випрямляча на пульсацію напруги в ланці постійного струму, дослідження вихідних характеристик інвертора при роботі на різні типи навантаження). Література [1] – [4].
5	Дослідження впливу мертвого часу на вихідну характеристику силового інвертора. метода компенсації мертвого часу. Література [1] – [4].

#### 6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	36
2	Підготовка до МКР	5
3	Підготовка до заліку	25

#### Політика та контроль

#### 7. 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 цієї дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та лабораторних заняттях.

- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та лабораторних 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'явився 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 під час вивчення та складання контрольних заходів з дисципліни «Силові перетворювачі електроприводів»;

• у разі використання 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.

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

**Поточний контроль:** робота на лекційних заняттях, МКР, лабораторні роботи.

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

**Семестровий контроль:** залік.

**Умови допуску до семестрового контролю:** 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 25	Не допущено

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- наявність конспекту лекцій;
- виконання та захист лабораторних робіт;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).

Конспект лекцій	Виконання та захист лабораторних робіт	МКР
36	36	28

### Написання конспекту лекцій

Ваговий бал 2.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях –

2 бал \* 18 = 36 балів.

Критерії оцінювання

- повний конспект лекції – 2 бали за кожну лекцію;



- пропущена лекція без поважної причини із обов'язковим представленням конспекту лекції – 1 бал;
- пропущена лекція з поважної причини із обов'язковим представленням конспекту лекції – 2 бали.

#### **Виконання та захист лабораторних робіт**

Ваговий бал – 9.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях –  
9 балів \* 4 = 36 балів.

#### **Критерії оцінювання**

- «відмінно» (9 балів) – протокол підготовлено без помилок, виконано синтез всіх задач та представлено всі схеми, задача зібрана та відповідає умовам завдання, відповіді на питання чіткі та змістовні..
- «добре» (7-6 балів) – протокол підготовлено з деякими неточностями, виконано синтез всіх задач та представлено всі схеми, задачу зібрано з деякими незначними помилками, відповіді на питання мають незначні помилки.
- «задовільно» (4-5 балів) – протокол підготовлено з помилками, виконано синтез всіх задач та представлено всі схеми з деякими помилками, задачу зібрано з деякими незначними помилками, відповіді на питання нечіткі та мають суттєві помилки.
- «незадовільно» (0 балів) – протокол підготовлений з помилками, виконаний синтез не всіх задач та представлені не всі схеми з деякими помилками, задача не зібрана або не працює, відповіді на питання невірні. Лабораторна робота потребує додаткового відпрацювання.

#### **Модульна контрольна робота**

Ваговий бал МКР – 28.

Максимальний бал за МКР – 28.

#### **Критерії оцінювання**

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 28 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 24-27 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 14-23 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь або відсутність під час проведення роботи – 0 балів.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці.

#### **Форма семестрового контролю – залік**

Максимальна сума балів складає 100. Необхідною умовою допуску до заліку є повний конспект лекцій, відпрацьовані та зараховані лабораторні роботи. Для отримання заліку з кредитного модулю «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів, а також бути виконані умови допуску до заліку.

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити свою оцінку в системі ECTS, виконують залікову контрольну роботу. При цьому набрані бали студентом анулюються, а оцінка за залікову контрольну роботу є остаточною. Завдання контрольної роботи складаються з двох теоретичних запитань відповідно до тематики робочої навчальної програми.

#### **Критерії оцінювання заліку**

- «відмінно», повна відповідь, не менше 95% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 95 - 100 балів;
- «дуже добре», достатньо повна відповідь, не менше 85% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 85-94 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 75-84 бали;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 65% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 65-74 балів;
- «достатньо», неповна відповідь, але не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 60 - 64 бали;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

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

*Методика викладання дисципліни полягає у вивченні основ теорії дисципліни під час лекційних занять із застосуванням технологій навчання, закріпленні теоретичних знань на лабораторних заняттях, самостійному вивченні студентами окремих розділів дисципліни під контролем викладача, періодичному контролі засвоєння матеріалу студентами під час опитувань та модульної контрольної роботи.*

*Для забезпечення наочності навчальних занять використовуються електронні навчальні посібники, синхронна трансляція на екран лекційного матеріалу, перегляд навчальних кінофільмів, плакатів, натурних зразків елементної бази силових перетворювачів.*

*Під час викладання кредитного модуля особлива увага приділяється принципу роботи керуючих і перетворювальних пристроїв та фізичним основам їхньої взаємодії в процесі керування, формулюванню вимог до елементної бази силових перетворювачів для електроприводів та вибору напівпровідникових елементів силових перетворювачів.*

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

**Складено** доцентом кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА, д.т.н. Шаповалом І.А.

**Ухвалено** кафедрою автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА (протокол № 11 від 15.06.2022 р.)

**Погоджено** Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 16.06.2022 р.)