



СИЛОВІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

| | |
|---|---|
| Рівень вищої освіти | Перший (бакалаврський) |
| Галузь знань | 14 «Електрична інженерія» |
| Спеціальність | 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» |
| Освітня програма | Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність |
| Статус дисципліни | Обов'язкова |
| Форма навчання | Очна(денна) |
| Рік підготовки, семестр | III курс, осінній семестр |
| Обсяг дисципліни | 120 годин / 4 кредити ECTS |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи | Екзамен/МКР |
| Розклад занять | http://rozklad.kpi.ua |
| Мова викладання | Українська/Англійська |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | Лектор: д.т.н. Шаповал Іван Андрійович, 0677762187 Лабораторні роботи: к.т.н. Стаценко Олексій Володимирович |
| Розміщення курсу | https://classroom.google.com/c/MTQ2MjEyNjM5MzY4?cjc=khqwlna |

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 формування та 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: (K15) 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 "Електричні машини". Освітній компонент забезпечує підготовку до вивчення дисциплін «Автоматизований електропривод» та «електромеханічні системи типових технологічних застосувань».

3. Зміст навчальної дисципліни

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

1. Основні елементи силової електроніки.

Тема 1.1. Елементна база силових перетворювачів частоти.

2. Силкові перетворювачі.

Тема 2.1. Випрямлячі (некеровані, керовані).

Тема 2.2. Силкові 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. 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.

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

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

Додаткові:

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

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

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

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

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. Розділ 1. Основні елементи силової електроніки 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 | Розділ 2. Силові перетворювачі 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 (АІН) та автономний інвертор струм (АІС). Література [1] - [4], [7], [8]. |
| 9 | Перетворювач частоти за схемою некерований випрямляч – АІН (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 |
| | Розділ 3. Джерела живлення |
| 15 | 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 системи керування знижувального та підвищувального перетворювачів напруги. Література [1] - [4]. |
| 5 | Дослідження системи перетворювач частоти - асинхронний двигун в програмному пакеті SIMPOWERSYSTEMS. Література [1] - [4]. |

6. Самостійна робота студента

| №з/п | Вид самостійної роботи | Кількість годин СРС |
|------|---------------------------------|---------------------|
| 1 | Підготовка до аудиторних занять | 32 |
| 2 | Підготовка до МКР | 2 |
| 3 | Підготовка до екзамену | 30 |

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 PCO 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: екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 25 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:

- опрацювання лекцій та відповідей на контрольні питання;
- виконання та захист лабораторних робіт;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).

| Опрацювання лекційних занять та відповіді на контрольні питання | Виконання та захист лабораторних робіт | МКР |
|---|--|-----|
| 18 | 20 | 12 |

Опрацювання лекційних занять та відповіді на контрольні питання

Ваговий бал 1.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях –

1 бал * 18 = 18 балів.

Критерії оцінювання

- опрацювання лекції з відповідями на контрольні питання, представлені впродовж тижня після заняття – 1 бал за кожну лекцію;
- опрацювання лекції з відповідями на контрольні питання, представлені із запізненням понад тиждень – 0,5 бали;
- неопрацьована лекція та немає відповідей на контрольні питання – 0 балів.

Виконання та захист лабораторних робіт

Ваговий бал – 5.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях –

5 балів * 4 = 20 балів.

Критерії оцінювання

- «відмінно» (4 бали) – 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» (3 бали) – 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» (1-2 бали) – 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 представлено 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 – 12.

Максимальний бал за МКР – 12.

Критерії оцінювання

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 12 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 8-11 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 4-7 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь або відсутність під час проведення роботи – 0 балів.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці.

Форма семестрового контролю – екзамен

Максимальна сума балів складає 50. Необхідною умовою допуску до екзамену є відпрацьовані й зараховані лабораторні роботи та виконана модульна контрольна робота і стартовий рейтинг не менше 25 балів.

На екзамені студенти усно відповідають на запитання білету. Кожен білет містить два теоретичних запитання. Максимальний бал за екзамен становить 50. Кожне теоретичне запитання оцінюється у 25 балів.

Критерії оцінювання екзамену

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 23-25 бали;
 - «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 18-22 балів;
 - «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 12-17 балів;
 - «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) – 0 балів.
- Сума стартових балів і балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки.

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.)