



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни



Силова електроніка для відновлюваних енергетичних систем

Шифр та назва спеціальності

141 – Електроенергетика, електротехніка і
електромеханіка
176 - Мікро- та наносистемна техніка

Інститут

ННІ Енергетики, електроніки та
електромеханіки

Освітня програма

Стала та відновлювана енергетика: електрична
та мікроелектронна інженерія

Кафедра

Промислова і біомедична електроніка (128)

Рівень освіти

Магістр

Тип дисципліни

Спеціальна (фахова), Обов'язкова

Семестр

1

Мова викладання

Українська, англійська

Викладачі, розробники



Холод Ольга Ігорівна

Olha.Kholod@khpі.edu.ua

Кандидат технічних наук, доцент кафедри промислової і біомедичної
електроніки НТУ «ХПІ».

Досвід роботи – 10 років.

Автор понад 22 наукових публікацій та навчально-методичних праць.
Провідний лектор з дисциплін: «Аналогова схемотехніка»,
«Акумуляторні батареї», «Напівпровідникові прилади», «Силова
електроніка для відновлюваних енергетичних систем», «Semiconductor
Devices»

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

Силова електроніка є важливим елементом у сучасних інтелектуальних мережах та системах відновлювальних джерел енергії. Широко використовуються високоефективні силові напівпровідникові прилади для перетворення і контролю електричної потужності за допомогою перетворювачів змінного струму в постійний, або в змінний струм з іншими параметрами, перетворювачі постійного струму в постійний з можливістю регулювання параметрів. Використання сигової електроніки дає можливість забезпечити споживачеві необхідну форму електроенергії при максимальному коефіцієнті корисної дії. Тому дослідження силових схем та систем керування напівпровідникових перетворювачів є дуже актуальним для сфери відновлюваних енергетичних систем.

Мета та цілі дисципліни

Надати студентам знання з будови, принципу дії, характеристик і параметрів, сфери використання перетворювачів електроенергії. Набуття студентами практичних навичок в експериментальному дослідженні та розрахунках схем перетворювачів з урахуванням зменшення їх негативного впливу на мережу живлення та збільшення їх коефіцієнта корисної дії..

Формат занять

Лекції, лабораторні роботи, розрахункова робота, самостійна робота, консультації. Підсумковий контроль – екзамен.

Компетентності

СК1. Здатність обґрунтовано обирати, застосовувати наявні та розробляти нові методи, методики, технології для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, а також мікро- та наносистемної техніки.

СК2. Здатність здійснювати тестування та діагностику приладів та обладнання, а також оброблення й аналіз отриманих результатів.

СК7. Здатність проектувати та впроваджувати ефективні, надійні й безпечні, зв'язані з мережею та автономні електрогенеруючі установки й станції, що використовують відновлювані джерела енергії, зокрема фотоелектричні..

Результати навчання

РН1. Формулювати й розв'язувати складні інженерні, виробничі та/або наукові задачі під час проектування, виготовлення і дослідження електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних комплексів і систем, а також мікро- та наносистемної техніки різноманітного призначення та створення конкурентоспроможних розробок, втілення результатів у бізнес-проектах.

РН3. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері електроенергетики, електротехніки, електромеханіки, а також мікро- та наноелектроніки, для розв'язування складних задач професійної діяльності.

РН7. Будувати й досліджувати фізичні, математичні й комп'ютерні моделі об'єктів та процесів електроенергетики, електротехніки, електромеханіки, а також мікро- та наноелектроніки.

РН12. Застосовувати наявне та опановувати нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах, а також мікро- та наноелектронних системах.

РНс2.2. Визначати режими роботи пристроїв мікро- та наносистемної техніки для забезпечення максимальної ефективності систем відновлюваної генерації, зокрема фотоелектричних.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 150 год. (5 кредитів ECTS): лекції – 48 год., лабораторні роботи – 16 год., самостійна робота – 86 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Без пререквізитів

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Курс має теоретичну та практичну спрямованість з вивчення сучасних принципів побудови напівпровідникових перетворювачів, їх характеристик та параметрів, засобів захисту, особливостей вибору систем керування ними в умовах роботи для відновлюваних енергетичних систем.

В системі вивчення дисципліни з метою активізації навчально-пізнавальної діяльності студентів при вивченні дисципліни на лекційних, лабораторних заняттях та консультаціях використовується комплекс методів навчання: пояснювально-ілюстративний, репродуктивний, проблемного викладу, частково-пошуковий, дослідницький.

В якості лабораторної бази використовуються лабораторні стенди кафедри промислової та біомедичної електроніки, персональні комп'ютери з встановленим програмним забезпеченням.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Тема 1. Силові напівпровідникові прилади

Напівпровідниковий діод (diode); Біполярний транзистор (Bipolar junction transistor); Польовий транзистор з індуктованим каналом (Insulated Gate Field Effect Transistor); Біполярний транзистор з ізолюваним затвором (Insulated-gate bipolar transistor); Тиристори однопреційні та двоопераційні (*thyristor*, or *Silicon Controlled Rectifier*, gate turn-off thyristor, Gate Commutated Thyristor, Integrated Gate-Commutated Thyristor). Порівняльна характеристика силових напівпровідникових приладів.

Тема 2. Перетворювачі змінної напруги у постійну. Некеровані випрямлячі.

Однофазні та трифазні схеми некерованих випрямлячів. Принцип роботи, характеристики, форми струму та напруги на виході випрямляча та в мережі живлення. Згладжуючі фільтри.

Тема 3. Перетворювачі змінної напруги у постійну. Керовані випрямлячі.

Однофазні схеми керованих випрямлячів; Робота керованого випрямляча на активно-індуктивне навантаження. Трифазні схеми керованих випрямлячів. Принцип роботи, характеристики, форми струму та напруги на виході випрямляча та в мережі живлення. Багатопульсні схеми керованих випрямлячів.

Тема 4. Тиристорні регулятори змінної напруги

Однофазні схеми тиристорних регуляторів змінної напруги; Робота тиристорних регуляторів змінної напруги на активне та активно-індуктивне навантаження. Трифазні схеми тиристорних регуляторів змінної напруги.

Тема 5. Імпульсні перетворювачі постійної напруги

Імпульсні перетворювачі, що знижують напругу; Імпульсні перетворювачі, що підвищують напругу; Реверсивний імпульсний перетворювач.

Тема 6. Перетворювачі постійної напруги в змінну. Автономні інвертори напруги.

Основні схеми та принцип роботи однофазних автономних інверторів напруги; Формування і регулювання вихідної напруги; Трифазний автономний інвертор напруги.

Тема 7. Перетворювачі постійної напруги в змінну. Автономні інвертори струму.

Паралельний автономний інвертор струму; Автономний інвертор струму з відсікаючими діодами. Трифазний автономний інвертор струму з відсікаючими діодами. Автономний інвертор струму на повністю керованих ключах

Тема 8. Перетворювачі постійної напруги в змінну. Багаторівневі інвертори.

Базові структури багаторівневих інверторів; Основні принципи формування вихідної напруги багаторівневих інверторів; Багаторівневі інвертори з декількома рівнями напруги джерела постійного струму і фіксуєчими діодами; Багаторівневі інвертори з плаваючими конденсаторами; Каскадні схеми багаторівневих інверторів; Гібридні схеми.

Тема 9. Активний керований випрямляч

Активний керований випрямляч напруги; Активний керований випрямляч струму; Принципи побудови систем керування активних випрямлячів. Силові активні фільтри.

Тема 10. Фільтро-компенсуючі пристрої

Пасивні фільтро-компенсуючі пристрої. Силові активні фільтри.

Тема 11. Перетворювачі частоти

Однофазна та трифазна схема безпосереднього перетворювача частоти. Перетворювач частоти з ланкою постійного струму.

Тема 12. Системи керування потужними напівпровідниковими перетворювачами

Призначення та основні вимоги до систем керування; Системи керування перетворювачами з природною комутацією; Системи керування перетворювачами з примусовою комутацією; Системи керування з елементами штучного інтелекту.

Тема 13. Методи та пристрої акумуляції енергії нетрадиційних джерел

Призначення акумуляуючих пристроїв; Механічні системи акумуляції - гідроакумуляуючі електростанції, повітряакумуляуючі установки, інерційні акумуляуючі установки (маховики);

Хімічні (електричні акумулятори), типи, переваги, недоліки; Конденсаторні та індуктивні накопичувачі.

Тема 14. Перетворювачі для фотовольтаїки

Фотоелектричне перетворення енергії - сучасні досягнення та перспективи. МРРТ. Необхідність узгоджуючого перетворювача. Модульний принцип. Необхідність режиму джерела струму. Типові рішення: типові потужності, частоти, напруги. Режими ZVS, ZCS, резонансні. Система комбінованого електроживлення з використанням сонячних батарей.

Тема 15. Перетворювачі для систем з резервними акумуляторами

Переваги буферних рішень (на прикладі залізниць). Особливості високо вольтових пристроїв - послідовно - модульне з'єднання низько вольтових (1700 В) приладів. Обернені перетворювачі. Режими ZVS, ZCS. Особливості низько вольтових та високо вольтових рішень, у т.ч. розділена комутація.

Тема 16. Перетворювачі для вітроенергетики

Типові рішення для систем перетворення - схеми fixed-speed WECS, variable-speed WECS, AC-coupled hybrid generation system, DC-coupled hybrid generation system, SCIG/PMSG-based; DFIG-based. ВЕУ АМ типу ТГ-1000. Принципи функціонування, вимоги до перетворювачів.

Теми практичних занять

Теми лабораторних робіт

Лабораторна робота 1:

Дослідження роботи некерованих напівпровідникових випрямлячів з різними видами фільтрів.

Лабораторна робота 2:

Дослідження роботи керованих напівпровідникових випрямлячів з різними видами навантажень.

Лабораторна робота 3:

Дослідження роботи напівпровідникових інверторів.

Лабораторна робота 4:

Дослідження роботи імпульсних перетворювачів постійної напруги.

Самостійна робота

Курс передбачає виконання розрахункової роботи, мета якої - є розрахунок, математичне моделювання та дослідження роботи напівпровідникового перетворювача в відновлюваній енергетичній системі.

Література та навчальні матеріали

Основна література

1. Силові напівпровідникові прилади і перетворювачі електричної енергії: навч. посіб. / К.К. Победаш, В.А. Святненко - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 244 с.
2. Шавьолкін О.О. Силові напівпровідникові перетворювачі енергії: навч. посібник / О.О. Шавьолкін; Харків, над. ун-т. міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. -- Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015. - 403 с.
3. Кириленко О.В., Жуйкою В.Я., Денисюк С.П., Рибіна О.Б. Системи силової електроніки та методи їх аналізу. - К.: Текст, 2006. - 488 с.
4. Жуйков В.Я., Рогаль В.В., Будьонний О.В., Пілінський В.В. Енергетична електроніка. Електронний підручник. - К.: 2008. - <http://fel.kpi.ua/lib/pidruchniki>
5. Abu-Rub, Haitham, et al. Power Electronics for Renewable Energy Systems, Transportation and Industrial Applications. Germany, Wiley, 2014. - 832 p.
6. Bose, Bimal K. Power Electronics in Renewable Energy Systems and Smart Grid: Technology and Applications. United States, Wiley, 2019. - 752 p.
7. Power Electronics Applications in Renewable Energy Systems. Switzerland, MDPI AG, 2021. - 258 p.

Додаткова література

8. Power Electronics for Renewable and Distributed Energy Systems: A Sourcebook of Topologies, Control and Integration. Netherlands, Springer London, 2013. - 609p.
9. Power Electronics and Renewable Energy Systems: Proceedings of ICPERES 2014. India, Springer India, 2014.. - 1607p.
10. Hemami, Ahmad. Electricity and Electronics for Renewable Energy Technology: An Introduction. United Kingdom, CRC Press, 2017. - 796p.

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

Підсумкова оцінка визначається як сума оцінок за виконання лабораторного практикуму (30%), контрольних робіт (30%) і виконання Розрахункової роботи (40%).

Підвищення підсумкової оцінки здійснюється шляхом складання екзамену (40%).

Екзамен: письмове завдання (4 теоретичні питання).

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

Погодження

Силабус погоджено

28.08.23



Завідувач кафедри
Сергій КРИВОШЕЄВ

28.08.23



Гарант ОП
Костянтин МАХОТІЛО