

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
факультет електроніки та комп'ютерних технологій
кафедра фізичної та біомедичної електроніки

Затверджено

На засіданні кафедри фізичної та біомедичної електроніки, факультету електроніки та комп'ютерних технологій. Львівського національного університету імені Івана Франка

(протокол №1 від 28 серпня 2024 р.)

Завідувач кафедри
професор Олег БОРДУН



Силабус з навчальної дисципліни

«СИЛОВА ЕЛЕКТРОНІКА»,
що викладається в межах ОП
«Електроніка та комп'ютерні системи»
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів зі
спеціальності: 171 –Електроніка

Назва дисципліни	Силова електроніка
Адреса викладання дисципліни	м. Львів, вул. Драгоманова, 50
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра фізичної та біомедичної електроніки
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації, спеціальність 171 Електроніка
Викладачі дисципліни	Бігун Роман Іванович, доктор фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри фізичної та біомедичної електроніки
Контактна інформація викладачів	roman.bihun@lnu.edu.ua https://electronics.lnu.edu.ua/employee/bihun-roman-ivanovych/ факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра фізичної та біомедичної електроніки, вул. Драгоманова, 50, лаб.415
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення занять (за попередньою домовленістю). Також можливі он-лайн консультації через MS Teams. Для погодження часу он-лайн консультацій слід писати на корпоративну пошту викладача.
Сторінка дисципліни	https://electronics.lnu.edu.ua/course/sylova-electronika/
Інформація про дисципліну	Дисципліна « Силова електроніка » є нормативною дисципліною з спеціальності 171 – Електроніка освітньої програми «Електроніка та комп'ютерні системи», яка викладається в 7-му семестрі в обсязі 3 кредити (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	<p>Курс «Силова електроніка» є одним з профілюючих у підготовці студентів технічних та інженерних спеціальностей. Без ґрунтовних знань в області принципів, явищ та механізмів функціонування сучасних пристроїв силових електроніки, здатних керуватися та обмінюватись інформацією з іншими силовими пристроями та віддаленими керуючими системами. Вивчення фізичних принципів функціонування і керування силовими агрегатами і пристроями перетворення різних типів є важливою складовою розуміння фундаментальних основ їх будови та режимів роботи для подальшого проектування і розробки, багатофункціональних силових агрегатів та систем силових електроніки. Проходження лабораторного практикуму студентами розширює їх практичні, пізнавальні та інженерні навички роботи з сучасними перетворюючими та керуючими пристроями силових електроніки, що дає змогу в подальшому опанувати інженерні дисципліни та курси, які читаються на факультеті електроніки та комп'ютерних технологій.</p> <p>Лабораторний практикум з курсу «Силова електроніка» для студентів факультету електроніки та комп'ютерних технологій є важливим практичним етапом для набуття прикладних навичок роботи з силовими пристроями, сенсорами та керуючими системами на базі сучасних інженерних рішень силових електроніки. Студенти проводять дослідження та проектування пристроїв силових електроніки, що дозволяє самостійне вивчення принципів роботи електро-механічних силових системи та агрегатів і закладає фундаментальний та прикладний базис для інженерно-розробницької та проектної діяльності в даному напрямку.</p>
Мета та цілі дисципліни	Метою вивчення нормативної дисципліни « Силова електроніка » є формування у майбутнього спеціаліста цілісної картини явищ роботи та функціонування пристроїв і систем силових електроніки. Курс передбачає виклад основ функціонування пристроїв перетворюючої силових електроніки. Логіку керуючих підсистем силових електроніки, їх аналогову та цифрову складову. Що ґрунтується на фізичних закономірностях та

	принципах функціонування пристроїв і сенсорів силової електроніки.
Література для вивчення дисципліни	<p>Основна література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Победаш К.К., Святненко В.А. Силові напівпровідникові прилади і перетворювачі електричної енергії (Електронний ресурс): навчальний посібник / Київ: КПІ ім. Ігоря Сік орського. 2017. 244 с. http://ela.kpi.ua/handle/123456789/19823 2. М.Я. Островерхов, В.І. Сенько, В.І. Чибеліс. Імпульсні перетворювачі стабілізованої напруги. Київ, 2019. 241 с 3. Пархоменко А. В., Гладкова О. М., Залюбовський Я І., Пархоменко А.В. Інженерія вбудованих систем: навчальний посібник.– Запоріжжя: Дике Поле, 2017. – 220 с. http://eir.zntu.edu.ua/bitstream/123456789/1969/4/ 4. Технічні засоби автоматизації: навч. посіб.: у 2 ч. Ч.1. Сенсорна техніка / В.В. Ткачов, М.І. Стаднік, В.І. Шевченко, М.В. Козарь, О.В. Карпенко; М-во освіти і науки України, НТУ «Дніпровська політехніка». 2 вид., доповн. та переробл. – Дніпро : НТУ «ДП», 2019. – 144 с. 5. Шавьолкін О. О. Енергетична електроніка: навчальний посібник: КНУТД, 2017. 396 с. 6. Erickson R.W., Maksimovic D. Fundamentals of Power Electronics. 3rd Edition. Springer, 2020. 1081 p. <p>Додаткова література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 7. Ned Mohan. Power Electronics. Power Electronics: Converters, Applications, and Design. 2nd Edition / - 822с. 8. Mulukutla S. Sarma. Introduction to Electrical Engineering. Oxford University Press, USA, The Oxford Series in Electrical and Computer Engineering, 2000. P. 904 https://annas-archive.org/md5/363c9b3377a7c90d55c0cf5bdccc4420
Обсяг курсу	Загальний обсяг 90 год., з них 32 годин лабораторних робіт, самостійна робота – 58 год.
Очікувані результати навчання	<p>Після завершення курсу студент буде:</p> <p>Знати основні ідеї, поняття, принципи та режими функціонування пристроїв силової електроніки; систем керування пристроями силової електроніки; принципи проектування та будови пристроїв та агрегатів силової електроніки і систем на їх основі.</p> <p>Вміти аналізувати та розуміти принципи функціонування та роботи пристроїв силової електроніки; проектувати та розробляти пристрої силової електроніки під конкретні завдання та задачі, вирішення яких вимагає введення автоматизованих та цифрових систем обробки та аналізу даних, з метою керування пристроями силової електроніки.</p> <p>Після вивчення курсу здобувачі набудуть таких компетентностей і програмних результатів:</p> <p>ПР1. Описувати принцип дії за допомогою наукових концепцій, теорій та методів та перевіряти результати при проектуванні та застосуванні приладів, пристроїв та систем електроніки.</p> <p>ПР4. Оцінювати характеристики та параметри матеріалів електронної техніки, розуміти основи твердотільної електроніки, електротехніки, аналогової та цифрової схемотехніки, перетворювальної та мікропроцесорної техніки</p> <p>ПР6. Застосовувати експериментальні навички (знання експериментальних методів та порядку проведення експериментів) для перевірки гіпотез та дослідження явищ електроніки, вміти використовувати стандартне обладнання, планувати, складати схеми; аналізувати, моделювати та критично оцінювати отримані результати.</p> <p>ПР7. Аналізувати складні цифрові та аналогові інформаційно-вимірвальні системи з розширеною архітектурою комп'ютерних та телекомунікаційних мереж з урахуванням специфікації вибраних технічних засобів електроніки та відповідної технічної документації</p> <p>ПР13. Вміти засвоювати нові знання, прогресивні технології та інновації,</p>

	<p>знаходити нові нешаблонні рішення і засоби їх здійснення; відповідати вимогам гнучкості в подоланні перешкод та досягненні мети, раціонального використання та нормування часу, дисциплінованості, відповідальності за свої рішення та діяльність.</p> <p>ПР15. Виявляти навички самостійної та колективної роботи, лідерські якості, організувати роботу за умов обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність.</p> <p>ПР17. Демонструвати навички проведення експериментальних досліджень, пов'язаних з професійною діяльністю; вдосконалювати методики вимірювання; контролювати достовірність отриманих результатів; систематизувати та аналізувати дані, отримані експериментальним шляхом.</p> <p>ПР19. Застосовувати навички проектування, програмування та тестування компонент та пристроїв сучасної електроніки для розробки та налагодження електронних та комп'ютерних систем різного призначення.</p> <p>ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p>ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.</p> <p>ЗК7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.</p> <p>ЗК9. Здатність працювати в команді.</p> <p>ЗК11. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.</p> <p>ФК1. Здатність використовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів для проектування та застосування приладів, пристроїв та систем електроніки.</p> <p>ФК2. Здатність виконувати аналіз предметної області та нормативної документації, необхідної для проектування та застосування приладів, пристроїв та систем електроніки.</p> <p>ФК8. Здатність вирішувати інженерні задачі в галузі електроніки з урахуванням всіх аспектів розробки, проектування, виробництва, експлуатації та модернізації електронних приладів, пристроїв та систем.</p> <p>ФК9. Здатність визначати та оцінювати характеристики та параметри матеріалів електронної техніки, аналогових та цифрових електронних пристроїв для проектування мікропроцесорних та електронних систем.</p> <p>ФК12. Здатність інтегрувати знання з фізичних засад електроніки, програмування, моделювання, схемотехніки, автоматизації та тестування компонент і пристроїв сучасної електроніки для розуміння основ функціонування електронних та комп'ютерних систем різного призначення.</p>
Ключові слова	Силова електроніка, керуючі системи, сенсори та датчики, аналогове та цифрове керування, аналогові та цифрові перетворювачі систем силової електроніки.
Формат курсу	Очний.
	Проведення лабораторних робіт та консультації для кращого розуміння тем.
Теми	Див. СХЕМА КУРСУ
Підсумковий контроль, форма	Залік.
Пререквізити	Для ефективного освоєння курсу, студенти потребують базових знань з наступних дисциплін: «Вища математика», «Теорія електричних кіл», «Аналогова та цифрова схемотехніка».
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Презентації лабораторних робіт (колективні навчально-дослідницькі проекти, робота групами чи командами), наукові дискусії та обговорення шляхів вирішення поставлених завдань.

<p>Необхідне обладнання</p>	<p>Мультимедіа, платформа Teams, макетна плата (Breadboard), комплектуючі для макетної плати (електронні компоненти: резистори, конденсатори, транзистори (2N2222, 2N7000), з'єднувальні кабелі, операційні підсилювачі (TL081CP, LM358N, таймер NE555), системи проектування з програматорами STM32 Minimum System Development Board STM32F401-STM32F411, пристрої вимірювання швидкості обертання рухомих об'єктів (TASI Contact/Non-contact Digital Tachometer TA500A), система вимірювання кількості імпульсів (JDM11-6H Digit Electronic Digital Counter), блок живлення MR1502D, осцилограф Instrustar ISDS205X, цифрові мультиметри, персональні комп'ютери із встановленим програмним забезпеченням, збором даних і їх обробкою з цифрового осцилографа. DC-DC Buck Boost Converter Module 5.5-30V to 0.5-30V 4A 35W Adjustable Step Up Down Voltage Regulator LCD Digital Voltmeter. Wireless Power Supply Transmitter XKT-511, DC5V High Precision Digital Inductance and Capacitance Measuring Instrument LCD Frequency Meter, IR Infrared Line Track Follower Sensor TCRT5000L. High Voltage Power Supply 3KV - 20KV Dual output CX-120A. Metal Detector. DC 12V to AC 220V 380V 420V 1000W Inverter Boost Step-up Board Transformer Power Car Converter Module High Frequency Module. Electrostatic Ionization, spraying, Cleaner Air Purification. DYKB DC 9V-12V TO 80-380V 160V 170V DC boost High Voltage Power Supply. LM2596 /LM2596S /LM2596LED /LM2596HVS DC to DC Buck Converter Voltage Regulator DIY Adjustable Power Supply Step Down Module. DC-DC Boost Converter 8-32V to 45-390V YH11068A. DC 5-30V 12v 24v 5A DC Motor Controller PWM Adjustable Speed. ZK-PP2K PWM Motor Speed Controller Regulator 8A. 8 times Doubling Voltage Rectifier Circuit Board Power Management Device Pulse DC Boost Element High Voltage Static Electricity. 300W Corrected Sine Wave Output DC-AC Inverter 12V To 220V. 25A Power Filter EMI High Frequency Two-stage Power Low-pass Filter Board for Power Amplifier PCB Electrical Filter Circuit. Двигуни постійного струму ДПМ-25-Р1-04, ДПМ-20-Н1-С1. Асинхронний двигун 25 Ват. Автотрасформатори з цифровими вимірювачами напруги, частоти, струму та фази KWS-AC301. ШИМ контролер двигуна постійного струму XR-185. ZVS driver DC12-30 V 500-1000 Ват.</p>								
<p>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</p>	<p>Оцінювання проводиться упродовж семестру за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за такими видами робіт з наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • лабораторні роботи: 60 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів 60. • три контрольні роботи: 30 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів 30. • самостійна робота: 10 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів 10. <p>Загалом впродовж семестру 100 балів. Кожна контрольна робота складається з 10 тестових питань і проводиться у письмовій формі. Контрольна робота оцінюється за 10 бальною системою за наступними критеріями:</p> <table border="1" data-bbox="483 1798 1505 2166"> <thead> <tr> <th>Бали</th> <th>Критерії оцінювання</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9–10</td> <td>Відповіді, в яких навчальний матеріал відтворюється в повному обсязі, правильно, обґрунтовано, логічно, які містять аналіз і систематизацію, аргументовані висновки. Засвідчено глибоке володіння матеріалом.</td> </tr> <tr> <td>6–8</td> <td>Відповіді, в яких відтворюється значна частина навчального матеріалу. Виявлено знання і розуміння основних положень навчальної дисципліни.</td> </tr> <tr> <td>3–5</td> <td>Відповіді, в яких основні положення навчального матеріалу відтворено на рівні заучування без достатнього його розуміння.</td> </tr> </tbody> </table>	Бали	Критерії оцінювання	9–10	Відповіді, в яких навчальний матеріал відтворюється в повному обсязі, правильно, обґрунтовано, логічно, які містять аналіз і систематизацію, аргументовані висновки. Засвідчено глибоке володіння матеріалом.	6–8	Відповіді, в яких відтворюється значна частина навчального матеріалу. Виявлено знання і розуміння основних положень навчальної дисципліни.	3–5	Відповіді, в яких основні положення навчального матеріалу відтворено на рівні заучування без достатнього його розуміння.
Бали	Критерії оцінювання								
9–10	Відповіді, в яких навчальний матеріал відтворюється в повному обсязі, правильно, обґрунтовано, логічно, які містять аналіз і систематизацію, аргументовані висновки. Засвідчено глибоке володіння матеріалом.								
6–8	Відповіді, в яких відтворюється значна частина навчального матеріалу. Виявлено знання і розуміння основних положень навчальної дисципліни.								
3–5	Відповіді, в яких основні положення навчального матеріалу відтворено на рівні заучування без достатнього його розуміння.								

	1–2	Відповіді, які засвідчують, що навчальний матеріал не засвоєно Відсутність чіткого і логічного формулювання.
	0	Не виконав.
	<p>Академічна доброчесність: Очікується, що лабораторні та контрольні роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи шахравання.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p> <p>Дотримання вимог Положення про академічну доброчесність: https://ipcprn.in.ua/wp-content/uploads/3.1.3-pipfk-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf</p> <p>Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лабораторні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. Студенти зобов'язані дотримуватися усіх термінів визначених для виконання усіх видів робіт дисципліни</p> <p>Література. Література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані під час семестру, виконанні самостійної роботи та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Політика встановлення балів. Враховуються бали набрані при поточному контролі (виконання лабораторних робіт, модулів), самостійній роботі та контрольних роботах. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторних занять; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом ноутбуком чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін. Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p> <p>Оцінювання лабораторних робіт (12 лабораторних робіт, максимальна кількість балів: 60) відбувається шляхом оцінки підготовки до виконання лабораторної роботи, безпосереднього її виконання та захисту звіту:</p> <ul style="list-style-type: none"> • лабораторні роботи 1-12 (0-5 балів за одну роботу) <p>Бали оцінювання лабораторних робіт нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <p>5 – студент в повному обсязі володіє навчальним матеріалом, має повне розуміння розглянутої теми, повністю самостійно реалізує поставлені завдання для виконання роботи, надає правильні відповіді на запитання по темі, демонструє використані підходи, методи, прототипи, моделі відповідно до завдання;</p> <p>4 – студент достатньо розуміє розглянутий матеріал, повністю самостійно реалізує поставлені завдання для виконання роботи, присутні неточності та незначні помилки у відповідях на запитання по темі, демонструє використані підходи, методи, прототипи, моделі відповідно до завдання</p>	

	<p>(або з несуттєвими недоліками);</p> <p>3 – студент не досить добре розуміє розглянутий матеріал та вагається та надає неточні/не конкретні відповіді на запитання по темі, частково самостійно реалізує поставлені завдання для виконання роботи, демонструє використані підходи, методи, прототипи, моделі відповідно до завдання з помірними недоліками;</p> <p>2 – студент погано розуміє розглянутий матеріал, частково самостійно реалізує поставлені завдання для виконання роботи, та в більшості надає помилкові відповіді на питання по темі, демонструє використані підходи, методи, прототипи, моделі відповідно до завдання з суттєвими недоліками;</p> <p>1 - студент погано розуміє розглянутий матеріал та використані підходи, методи, прототипи, моделі відповідно до завдання не функціонують належним чином, не в змозі самостійно реалізувати завдання для виконання роботи, лише при допомозі викладача;</p> <p>0 - студент зовсім не засвоїв розглянутий матеріал, використані підходи, методи, прототипи, моделі відповідно до завдання не функціонують належним чином /не функціонують взагалі, не в змозі при допомозі викладача реалізувати завдання для виконання роботи</p> <p>Критерії оцінювання результатів неформальної освіти: Нарахування балів відбувається за написання студентом тез доповідей на конференціях за результатами власних розробок та досягнень, наукових статей, участь у діяльності наукових гуртків, участь у наукових семінарах та круглих столах, конкурсах, участь у заходах неформальної освіти за отримання сертифікатів про проходження навчання на різних освітніх платформах, семінарах чи онлайн-школах, курсах на провідних ІТ компаніях за тематикою навчальної дисципліни. Кількість балів визначається відсотком покриття результатів відповідної студентської академічної активності до вимог результатів навчання з навчальної дисципліни.</p>
<p>Питання до контрольних робіт</p>	<p>Перелік питань та завдань для проведення підсумкової оцінки знань певних тем до контрольних робіт:</p> <p>Загальні основи силової електроніки</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Що таке силова електроніка, і які її основні завдання? 2. Поясніть принцип дії напівпровідникових елементів (тиристорів, IGBT, MOSFET) у силових перетворювачах. 3. Як визначається ефективність силових перетворювачів? 4. Які фактори впливають на вибір силових компонентів у перетворювальних системах? <p>DC-DC перетворювачі</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. Що таке понижуючий (buck) перетворювач, і як він працює? 6. Поясніть роботу підвищуючого (boost) перетворювача. 7. Як працює понижуючо-підвищуючий (buck-boost) перетворювач? 8. Що таке SEPIC-конвертор, і в яких випадках його використовують? 9. Поясніть, як використовуються трансформатори у DC-DC перетворювачах із ізоляцією. 10. Які методи керування використовуються в DC-DC перетворювачах? 11. Як PWM-сигнали використовуються для керування DC-DC перетворювачами? 12. Що таке стабілізація вихідної напруги в DC-DC конверторах? <p>AC-DC перетворювачі (випрямлячі)</p> <ol style="list-style-type: none"> 13. Яка різниця між однофазними та трифазними випрямлячами? 14. Що таке діодний випрямляч, і які його основні характеристики? 15. Поясніть принцип роботи керованого тиристорного випрямляча. 16. Як функціонує активний випрямляч? 17. Що таке коефіцієнт гармонік, і як він впливає на якість живлення в AC-DC перетворювачах? 18. Як досягається компенсація реактивної потужності в випрямлячах?

	<p>ДС-АС перетворювачі (інвертори)</p> <p>19. Що таке інвертор, і які його основні застосування?</p> <p>20. Яка різниця між однофазними та трифазними інверторами?</p> <p>21. Як працюють автономні інвертори?</p> <p>22. Що таке синусоїдальний широтно-імпульсний модульований (SPWM) сигнал, і як він формується?</p> <p>23. Як функціонує інвертор із багатоуровневою топологією?</p> <p>24. Поясніть роботу інверторів із активною компенсацією реактивної потужності.</p> <p>АС-АС перетворювачі</p> <p>25. Що таке змінно-змінний перетворювач (АС-АС)?</p> <p>26. Як працює автотрансформаторний перетворювач?</p> <p>27. Поясніть принцип роботи матричного перетворювача.</p> <p>28. Що таке фазообертач, і як він використовується?</p> <p>29. Як PWM застосовується в АС-АС перетворювачах?</p> <p>30. Які проблеми виникають при проектуванні АС-АС перетворювачів?</p> <p>Електромеханічні силові системи</p> <p>31. Які типи електромеханічних систем використовують силові перетворювачі?</p> <p>32. Як працює електропривід із частотно-регульованим приводом?</p> <p>33. Що таке керування моментом у системах електроприводу?</p> <p>34. Яка роль силових електроніки у гібридних транспортних засобах?</p> <p>35. Як використовується силова електроніка в системах відновлюваної енергії?</p> <p>36. Поясніть принцип роботи систем управління електродвигуном на основі PWM.</p> <p>Керуючі системи в силовій електроніці</p> <p>37. Що таке система зворотного зв'язку в перетворювачах?</p> <p>38. Як досягається стабілізація напруги та струму в силових системах?</p> <p>39. Які методи керування використовуються для компенсації гармонік?</p> <p>40. Що таке алгоритм керування на основі PID-регулятора?</p> <p>41. Як функціонують системи фазового зсуву у керуванні інверторами?</p> <p>42. Поясніть застосування адаптивних методів керування в силовій електроніці.</p> <p>43. Як оцінюється теплове навантаження у силових перетворювачах?</p> <p>44. Що таке втрати у силових перетворювачах, і як їх мінімізувати?</p> <p>45. Як вибираються пасивні компоненти (конденсатори, дроселі) для силових схем?</p> <p>46. Які захисні механізми використовуються в силових перетворювачах?</p> <p>47. Як реалізується електромагнітна сумісність у силових системах?</p> <p>48. Що таке гармонійний аналіз в силовій електроніці?</p> <p>49. Як працюють резервні системи живлення на базі інверторів?</p> <p>50. Які сучасні тренди у розвитку силових електроніки?</p>
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

СХЕМА КУРСУ

Тиж.	Тема, план, короткі тези тем	Форма діяльності (заняття)	Література Ресурси в Інтернеті	Завдання (лабораторна робота), год	Термін виконання
1	Вступ. Предмет і задачі вивчення дисципліни силова електроніка. Історія та етапи розвитку силових електроніки. Напрямки розвитку силового електронного обладнання. Класифікація пристроїв силових	Самостійна робота	1, 3, 4, 6	Вступ. Лабораторна робота 1. Вивчення роботи індукційної лампи Мета: Ознайомитися з основними компонентами та елементами індукційної лампи. Завдання: Дослідити ВАХ індукційної	кінець поточного тижня

	електроніки, основні поняття.			лампи. Дослідити Локс-Амперні характеристики індукційної лампи. 2 год	
2	Силкові діоди. Параметри, характеристик та режими роботи силових діодів у пристроях силовій електроніки. Класифікація, маркування та особливості застосування силових діодів.	Самостійна робота	1, 3, 4, 6	Лабораторна робота 2. Вивчення роботи семісторного регулятора потужності. Мета: Дослідити силові характеристики та режими роботи семісторного регулятора потужності. Завдання: Зібрати цифрову та аналогову схеми семісторного регулятора потужності. Помістити в коло семістора лампу розжарування, дослідити ЛУКС-амперні характеристики роботи семісторного регулятора потужності під навантаженням. 2 год	кінець поточного тижня
3	Силкові ключі на біполярних транзисторах. Параметри, характеристик та режими роботи силових транзисторів у пристроях силовій електроніки. Класифікація, та особливості застосування силових транзисторів. MOSFET IGBT силкові транзистори.	Самостійна робота	1, 3, 4, 6	Лабораторна робота 3. Вивчення роботи колекторного двигуна постійного струму (DC-motor) Мета: Вивчити принцип роботи та дослідити режими функціонування колекторного двигуна постійного струму. Завдання: Зібрати схему двигуна постійного струму керованого ШИМ-регулятором та дослідити пускові і частотні параметри та режими роботи двигуна постійного струму. 2 год	кінець поточного тижня
4	Силкові ключі на тиристорах. Типи семісторів, режими роботи та особливості комутації. Застосування силових тиристорів та семісторів у пристроях силовій електроніки. Класифікація, та особливості застосування силових тиристорів.	Самостійна робота	1, 3, 4, 6	Лабораторна робота 4. Вивчення роботи бездротових систем передачі енергії (Wireless Power Transport). Мета: Дослідження впливу геометрії, форми, відстані та частоти передавальних індукційних котушок на ефективність передачі енергії. Завдання: Дослідити Локс-Амперні характеристики роботи світлодіодів у бездротовій системі передачі енергії від відстані між передаючими котушками. 2 год	кінець поточного тижня
5	Однофазні випрямлячі. Загальні відомості. Однофазний однопівперіодний випрямляч. Двопівперіодний випрямляч із середньою точкою. Мостовий випрямляч. Трифазні випрямлячі. Трифазна нульова схема випрямляча. Трифазна мостова схема випрямляча. Згладжувальні фільтри.	Самостійна робота	1, 3, 5, 6	Проміжне захисне заняття 2 год	кінець поточного тижня
6	Базові перетворювачі постійної напруги. Загальні відомості про перетворювачі постійної напруги та режими їх роботи. Знижувальний перетворювач постійної напруги (ЗПН) в режимі неперервного струму. Підвищувальний перетворювач постійної напруги (ППН) в режимі неперервного струму. Знижувально-підвищувальний перетворювач постійної напруги (ЗППН) в режимі.	Самостійна робота	1, 3, 4, 7	Лабораторна робота 5. Дослідження роботи без колекторного двигуна постійного струму. Мета: Вивчити алгоритмів та методик керування без колекторних двигунів постійного струму. Завдання: Реалізувати ШИМ керування режимами роботи двигуна постійного струму на базі цифрового контролера ZS-Z11F. Підєднати цифровий ШИМ-регулятор ZS-Z11F для запуску та керування швидкістю обертання без колекторного двигуна X2812-900KV. 2 год	кінець поточного тижня

7	Резонансні перетворювачі напруги. Загальні відомості. Послідовний резонансний перетворювач напруги. Робота перетворювача на частоті нижче резонансу. Комутація при нульовому струмі. Робота перетворювача на частоті вище резонансу. Комутація при нульовій нарузі. Паралельний резонансний перетворювач напруги.	Самостійна робота	1, 3, 4, 6	Проміжне захисне заняття 2 год	кінець поточного тижня
8	Згладжуючі фільтри у силовій електроніці. Загальні відомості. Одноелементні фільтри. Двохелементні фільтри. Компенсуючі фільтри. Багатоланкові фільтри. Активні фільтри. Транзисторні згладжуючі фільтри. Порівняльні характеристики сіткових фільтрів джерел живлення систем силовій електроніці.	Самостійна робота	1, 3, 5, 6	Лабораторна робота 6. Розрахунок снаберів. Мета: Ознайомитися з принципами захисту силових ключів від перенапруги. Завдання: Розрахувати параметри та величини пасивних елементів снаберних-захисних ланок для тиристорних комутаторів в колах однофазної та тьохфазної мережі. 2 год	кінець поточного тижня
9	DC/DC-перетворювачі у силовій електроніці. Загальні відомості. Понижуючі DC/DC перетворювачі. Підвищуючі DC/DC перетворювачі. Лінійні та імпульсні DC/DC перетворювачі. DC/DC перетворювачі з гальванічною розв'яз-кою.	Самостійна робота	1, 3, 4, 6	Лабораторна робота 7. Вивчення роботи DC/DC-перетворювача HW-140 Мета: Ознайомитись та дослідити режими роботи низьковольтного, понижуючого DC/DC-перетворювача HW-140. Завдання: Підключити DC/DC-перетворювач HW-140 до джерела напруги MR1502C. Дослідити роботу перетворювача в режимі холостого ходу та під навантаженням. Розрахувати ККД та величину параметра трансформції енергії системи HW-140 2 год	кінець поточного тижня
10	DC/AC-перетворювачі у силовій електроніці. Загальні відомості. Понижуючі DC/AC перетворювачі. Підвищуючі DC/AC перетворювачі вихідної напруги у формі чистої синусоїди, модифікованої синусоїди та квадрату. Автономні DC/AC перетворювачі (UPS системи). Мережеві інвертори. Однофазний та трифазний режим роботи DC/AC перетворювачі.	Самостійна робота	1, 2, 4, 6	Лабораторна робота 8. Вивчення режимів роботи АС-двигуна. Мета: Дослідити режими роботи та методики керування швидкістю обертання валу АС-двигуна. Завдання: Реалізувати керування двигуном змінного струму через амплітуду вхідної напруги. Використовуючи цифровий давач швидкості обертання вала двигуна TASI Contact/Non-contact Digital Tachometer TA500A та вхідних параметрів мережі оцінити швидкість обертання вала АС-двигуна. 2 год	кінець поточного тижня
11	Перетворювачі для відновлюваних джерел енергії. Загальні відомості. Особливості роботи в фотоелектричних системах. Вітрогенератори: підключення до мережі та автономна робота. Використання акумуляторів та суперконденсаторів. Зарядні пристрої для акумуляторів NiCd/NiMn, LiFePO ₄ , Li-Ion. Мережеві інвертори: синхроні-зація з мережею.	Самостійна робота	2, 4, 6	Проміжне захисне заняття 2 год	кінець поточного тижня
12	Регулятори та стабілізатори частоти обертання вала електродвигунів. Загальні відомості двигунів постійного струму та змінного струму. Температурно залежний комутатор системи охолодження на безколекторному двигуні.	Самостійна робота	2, 3, 6	Лабораторна робота 9. Вивчення роботи безколекторного імпульсного двигуна з здавачем Холла. Мета: Ознайомитись з роботою імпульсного двигуна Адамса постійного струму керованого здавачем Холла.	кінець поточного тижня

	Стабілізатори частоти обертання електродвигуна. ШИМ регулятори обертів DC-двигуна. Підключення трьохфазного асинхронного двигуна до однофазної мережі. Генерування трьох фазної напруги з асинхронного двигуна. Системи захисту електродвигунів від перевантаження. Коректори коефіцієнта потужності.			Завдання: Змінюючи положення давача Холла, оцінити швидкість обертання валу двигуна. Проаналізувати форму та час комутуючого імпульсу струму робочої котушки імпульсного двигуна. 2 год	
13	Системи стабілізації сіткової напруги. Загальні відомості про мережеві стабілізатори напруги. Феррорезонансний стабілізатор. Електро-механічні стабілізатори сіткової напруги. Електронні стабілізатори. Джерела безперебійного та резервного живлення мережевого устаткування.	Самостійна робота	2, 3, 4, 6	Лабораторна робота 10. Вивчення роботи PID-регулятора температури ІТС-106. Мета: Ознайомитися з режимами роботи та алгоритмами керування PID-регулятора ІТС-106. Завдання: Дослідити режими роботи PID-регулятора температури ІТС-106 при керуванні нагрівним пристроєм через твердотільне реле JGX-1 A4860. 2 год	кінець поточного тижня
14	Тепловий аналіз та охолодження систем та елементів силової електроніки. Загальні відомості про втрати енергії в силових перетворювачах. Порівняльні характеристики та методи охолодження активних елементів силової електроніки. Повітряне охолодження. Рідинне охолодження. Термоохолодження з допомогою елементів Пельте. Пьезоелектричні системи активного охолодження. Використання цифрових та аналогових термодатчиків для моніторингу температури.	Самостійна робота	2, 3, 4, 6	Лабораторна робота 11. Вивчення роботи AC-DC перетворювача 12В-220В. Мета: Ознайомитись з схематичними рішеннями, захисними контурами та режимами роботи AC-DC перетворювача. Завдання: Розрахувати коефіцієнт корисної дії (ККД) інвертора модифікованого синуса при живленні лампи розжарювання. Встановити умови спрацювання захисту інвертора та напруги робочого режиму системи. 2 год	кінець поточного тижня
15	Безколекторні імпульсні двигуни (Brushless Direct Current Motor, BLDC). Загальні відомості BLDC-двигун. Будова, структура, принципи роботи та типи BLDC-двигунів. Електронне керування. Зовнішній та внутрішній ротор. Переваги та недоліки BLDC-двигунів. Застосування та інновації у BLDC-двигунах.	Самостійна робота	2, 3, 4, 6	Лабораторна робота 12. Вивчення роботи силового дохланкового сіткового фільтра ІМ-03А2-Р. Мета: Ознайомитись з роботою сіткового фільтра при роботі силових агрегатів. Завдання: Підключити сітковий фільтр до мережі та імпульсного блока живлення QiYe-32430. Проаналізувати роботу системи та форму вхідного і вихідного сигналу з допомогою осцилографа Instrustar ISDS205X. 2 год.	кінець поточного тижня
16	Перспективи розвитку силової електроніки. Інновації у напівпровідникових технологіях (GaN, SiC). Розвиток систем Smart Grid та електромобільності. Інтеграція силової електроніки з Інтернетом речей (IoT). Виклики та перспективи для майбутніх інженерів.	Самостійна робота	2, 3, 4, 6	Підсумкове заняття (передбачає підведення семестрових підсумків) (2 год)	кінець поточного тижня