

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Кафедра мікро- та наноелектроніки
(найменування кафедри)

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ЕНЕРГЕТИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА
(назва навчальної дисципліни)

Освітня програма: Мікро- та наноелектронні прилади і пристрої
(назва освітньої програми)

Спеціальність: 153 Мікро- та наносистемна техніка
(найменування спеціальності)

Галузь знань: 15 Автоматизація та приладобудування
(найменування галузі знань)

Ступінь вищої освіти: магістр
(назва ступеня вищої освіти)

Затверджено на засіданні кафедри
Мікро-та наноелектроніки
(найменування кафедри)

Протокол № 1 від 17 серпня 2021 р.

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	<u>ВК</u> Енергетична електроніка Навчальна дисципліна вибіркового компонента циклу професійної підготовки
Рівень вищої освіти	Другий (магістерський) рівень
Викладач	Василенко О. В., канд. техн. наук, доцент, доцент Мікро- і наноелектроніки
Контактна інформація викладача	Робочий телефон: +380617698367, телефон викладача: 0952394162, e-mail: traven03@yahoo.com
Час і місце проведення навчальної дисципліни	Згідно до розкладу занять.
Обсяг дисципліни	Кількість годин – загальний обсяг 90 годин кредитів – 3 кредити ЄКТС розподіл годин: 14 годин лекційних, 14 годин лабораторних, 62 години самостійна робота, вид контролю – залік
Консультації	Згідно з графіком консультацій.
2. Пререквізити і постреквізити навчальної дисципліни	
Пререквізити Дисципліни за освітнім ступенем бакалавра: Аналогова схемотехніка, Системи автоматизованого проектування в електроніці, Мікропроцесорні пристрої керування та обробки інформації. Постреквізити Освітня компонента: дипломування	
3. Характеристика навчальної дисципліни	
<p>Енергетична електроніка (ЕЕ) – це курс теоретично-практичного спрямування, що поєднує в собі теорію енергетичної електроніки, перетворювальної техніки та систем автоматичного керування із їх практичним застосуванням при розробці блоків живлення для електронних систем, зокрема, для альтернативної енергетики та Smart Grid.</p> <p>Вивчення навчальної дисциплін «Енергетична електроніка» дозволить студентів приймати обґрунтовані техніко-економічні рішення при оптимальному проектуванні та вдосконаленні живлення електронних систем, в тому числі пристроїв мікро- та наносистемної техніки.</p> <p>У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати загальні компетентності:</p> <p>ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу; ЗК2. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово; ЗК3. Здатність спілкуватися іноземною мовою; ЗК4. Здатність проводити дослідження на відповідному рівні,</p> <p>фахові компетентності:</p> <p>СК1. Здатність ефективно використовувати складне контрольно-вимірювальне, технологічне та дослідницьке обладнання при дослідженнях та виробництві матеріалів, компонентів, приладів і пристроїв мікро- та наносистемної техніки різноманітного призначення; СК2. Здатність здійснювати тестування та діагностику приладів та обладнання, а також оброблення і аналіз отриманих результатів; СК3. Здатність аналізувати та синтезувати мікро- та наноелектронні системи різного призначення, СК4. Здатність розробляти, обґрунтовано вибирати і використовувати сучасні методи</p>	

обробки та аналізу сигналів в мікро- і наноелектронних приладах та системах.

Очікувані програмні результати навчання:

P7. Розв'язувати задачі синтезу та аналізу приладів та пристроїв мікро- та наносистемної техніки;

P6. Розробляти вироби та компоненти мікро- та наносистемної техніки, враховуючі вимоги до їх характеристик, технологічні та ресурсні обмеження; використовувати сучасні інструменти автоматизації проектування;

P12. Будувати і досліджувати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі об'єктів та процесів мікро- та наноелектроніки;

P14. Координувати роботу колективів виконавців для проведення наукових досліджень, проектування, розроблення, аналізу, розрахунку, моделювання, виробництва та тестування мікро- та наносистемної техніки;

P18. Досліджувати і розробляти компоненти електронних систем, зокрема, альтернативної енергетики.

4. Мета вивчення навчальної дисципліни

підготовка спеціалістів, що зрозуміли і засвоїли основні поняття в галузі енергетичної електроніки: прилади, пристрої та блоки живлення електронних систем, в тому числі, альтернативної енергетики та Smart Grid.

5. Завдання вивчення дисципліни

Пізнавальні – є освоєння принципів функціонування компонентів систем генерації та перетворення електроенергії для оптимального вибору живлення мікро- та наносистемної техніки.

Практичні – сформувані практичні навички використання програм для автоматизованого аналізу при проектуванні компонентів блоків живлення та систем генерації електроенергії, методології розрахунку та вибору їх технічних параметрів.

6. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1. Змістовий модуль 1.

Вступ

Цілі та задачі дисципліни. Вимоги до студентів. Література. Основні визначення.

Мета і задачі дисципліни. Інформаційна та енергетична електроніка. Застосування в електроенергетиці пристроїв енергетичної, силової та інформаційної електроніки.

Класифікація, призначення та особливості блоків живлення. Основні види перетворення електричної енергії (AC/AC, DC/DC, AC/DC, DC/AC). Перетворювачі, ведені мережею та автономні.

Тема 1. Елементна база енергетичної електроніки

Поняття: ідеальний ключ. Тенденції розвитку елементної бази електроніки. Вплив нової елементної бази на підходи до проектування пристроїв живлення. Енергозберігаючі технології. Smart Grid.

Класифікація силових напівпровідникових приладів. Нові гібридні прилади (IGBT, GAT тощо). Використання силових модулів (IPM) в пристроях живлення.

Тема 2. Системи генерації електроенергії

Шлях передачі електроенергії від електростанції до споживача. Історія розвитку: від теплових електростанцій до атомних. Системи «зеленої/альтернативної енергетики»: сонячні та вітрові та інші системи генерації електроенергії. Структури систем генерації. Джерела «вторинного електроживлення».

Види струму. DC, AC струм. Пульсуючий струм. Однофазний струм, трифазний струм. Параметри струмів.

Лінії електропередачі. Класи та характеристики змінної напруги за міжнародним європейським стандартом. Основні параметри струму та напруги. Зв'язок параметрів напруги змінного струму.

Тема 3. Безперевні блоки живлення

Структура джерела електроживлення. Ведені мережею перетворювачі.

Трансформатори. Принцип дії, класифікація, застосування в перетворювачах.

Загальні відомості та класифікація випрямлячів. Експлуатаційні параметри і характеристики випрямлячів. Керовані та некеровані випрямлячі.

Робота однофазного випрямляча на активне навантаження. Робота трифазного мостового випрямляча на активне навантаження.

Основні поняття про фільтри. Інтегруючі та диференціюючі ланцюги. Деякі особливості в конструкціях та роботі фільтрів.

Модуль 2. Змістовий модуль 2

Тема 4. Імпульсні джерела живлення

Структура імпульсних джерел живлення. Структура зарядних пристроїв. Зарядні пристрої в автономних системах живлення, для електромобілів.

Імпульсні трансформатори.

Класифікація імпульсних перетворювачів постійної напруги (ППН, DC/DC Conveters). Перетворювачі знижувального типу (Buck Converter), характеристики, область застосування. Перетворювачі підвищувального типу (Boost Converters), характеристики, область застосування. Блоки живлення на основі Flyback, використання Flyback Converters в DC/DC та AC/DC перетворювачах.

Тема 5. Джерела живлення як системи автоматичного регулювання

Структура та принцип дії джерел живлення в термінах теорії автоматичного керування. Джерело живлення як система автоматичного регулювання (САР), система автоматичного керування (САК).

Принципи регуляції в блоках живлення. Імпульсна регуляція. САК слідкуючого типу.

Широтно-імпульсна модуляція (ШИМ/PWM) для регуляції вихідної напруги, струму. Принцип дії. Режими контролю струму та напруги.

Тема 6. Джерела безперебійного електроживлення

Джерела вторинного електроживлення / Switched-mode Power Supply: структури, області використання. Схема простого блоку живлення на двоканальному ШИМ-контролері.

Джерела безперебійного живлення (ДБЖ/ UPS): критерії якості, основні структурні схеми, область використання, перспективи розвитку. Структурна схема ДБЖ із подвійним перетворенням енергії. Блок живлення без корекції коефіцієнта потужності.

Розвиток та перспективи енергетичної електроніки. Smart Grid. Інтеграція Smart Grid у цифрове виробництво в парадигмі Індустрія 4.0.

Питання на залік.

7. План вивчення навчальної дисципліни

№ тижня	Назва теми	Форми організації навчання	Кількість годин
1	Вступ. Класифікація, структури блоків живлення.	лекція	2
2	Дослідження однонапівперіодного випрямляча	лабораторна робота	2
3	Елементна база пристроїв живлення	лекція	2
4	Дослідження однофазного випрямляча з фільтром	лабораторна робота	2
5	Системи генерації електроенергії	лекція	2
6	Дослідження керованого випрямляча з фільтром	лабораторна робота	2
7	Змістовий модуль 1	тестування/АКР	
7	Безперевні блоки живлення.	лекція	2
8	Керування приладами в блоках живлення	лабораторна робота	2

9	Імпульсні джерела живлення.	лекція	2
10	Керування приладами в блоках живлення	лабораторна робота	2
11	Джерела живлення як САР та САК.	лекція	2
12	Дослідження однофазних інверторів	лабораторна робота	2
13	Джерела безперебійного електроживлення.	лекція	2
14	Дослідження імпульсних перетворювачів постійної напруги	лабораторна робота	2
15	Змістовий модуль 2	тестування/АКР	

8. Самостійна робота

№ тижня	Назва теми	Види СР	Кіл-ть годин	Контрольні заходи
1,2	Вступ. Класифікація, структури блоків живлення. Дослідження однонапівперіодного випрямляча.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, захист лабораторних робіт.
3,4	Елементна база пристроїв живлення Дослідження однофазного випрямляча з фільтром.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, захист лабораторних робіт.
5,6	Системи генерації електроенергії Дослідження керованого випрямляча з фільтром.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, захист лабораторних робіт.
7	Змістовий модуль 1.	Підготовка до тестування	3	Тестування для самоконтролю в системі дистанційного навчання (тест 1).
7,8	Безперевні блоки живлення. Керування приладами в блоках живлення.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, захист лабораторних робіт.
9,10	Імпульсні джерела живлення. Керування приладами в блоках живлення.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, захист лабораторних робіт.
11,12	Джерела живлення як системи автоматичного регулювання. Дослідження однофазних інверторів.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, захист лабораторних робіт.
13,14	Джерела безперебійного електроживлення. Дослідження імпульсних перетворювачів постійної напруги.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, захист лабораторних робіт.
15	Змістовий модуль 2.	Підготовка до тестування	3	Тестування для самоконтролю в системі Moodle (тест 2).

Консультативна допомога студенту надається у таких формах:

- особиста зустріч викладача і студента за графіком консультацій (не менш, ніж 2 години на тиждень, або за попередньою домовленістю);
- використання системи дистанційного навчання Moodle:

<https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=1390>;

- листування за допомогою електронної пошти traven03@yahoo.com (у форматі 24/7 кожного дня);
- відеозустріч в системі Zoom Meeting, аудіоспілкування або повідомлення у сервісах Viber та Telegram (за графіком консультацій викладача);
- спілкування по телефону (за графіком консультацій викладача).

9. Система та критерії оцінювання курсу

Оцінка знань студентів здійснюється за кредитно-модульною системою. Навчальний семестр складається з двох змістових модулів.

Для студентів денної форми навчання кожен змістовий модуль оцінюється за 100-бальною шкалою. Підсумкова оцінка визначається як середня двох контролів за перший та другий змістові модулі. Студент має право додатково скласти залік за 100-бальною шкалою. В цьому випадку підсумкова оцінка визначається як середня в цілому трьох змістових модулів та заліку.

Для студентів заочної форми навчання навчальна дисципліна в цілому оцінюється за 100-бальною шкалою.

Оцінка за 100-бальною шкалою переводиться відповідно у національну шкалу («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно») та шкалу європейської кредитно-трансферної системи (ЄКТС – А, В, С, D, E, FX, F).

Шкала оцінювання:

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		Для екзамену, курсової роботи/проєкту, практики	Для заліку
90-100	A	відмінно	Зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D		
60-69	E	задовільно	Не зараховано з можливістю повторного складання
35-59	FX	Незадовільно з можливістю повторного складання	
1-34	F	Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	Не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Оцінки «зараховано» заслуговує студент, який виявив повне (певне) знання навчального матеріалу, успішно (частково) виконав передбачені програмою завдання, засвоїв рекомендовану основну літературу. Оцінка «зараховано» виставляється студентам, які засвідчили системні (не системні) знання понять та принципів навчальної дисципліни і здатні до їх самостійного поповнення та оновлення (використання) під час подальшої навчальної роботи і професійної діяльності. Одночасно вони допустили певні неточності, пропуски, помилки, які зумовили некоректність окремих результатів та висновків.

Оцінка «не зараховано» виставляється студентіві, який виявив значні прогалини в знаннях основного навчального матеріалу, допустив грубі помилки у виконанні передбачених програмою завдань, незнайомий з основною літературою, а також студентам, у яких відсутні знання базових положень навчальної дисципліни або їх недостатньо для продовження навчання чи початку професійної діяльності.

Критерії оцінювання курсу.

Для студентів денної форми навчання кожен змістовий модуль оцінюється за 100-бальною шкалою.

Під час контролю по першому змістовному модулю враховуються наступні види робіт та відповідні критерії:

- повнота відповіді та активність роботи студента на лабораторній роботі

оцінюється до 10 балів (3 лабораторні роботи по 10 балів = 30 балів);

- індивідуальна робота за тематикою змістовного модуля – до 20 балів;
- рубіжний контроль тестування/АКР – до 50 балів:

Під час контролю по другому змістовному модулю враховуються наступні види робіт та відповідні критерії:

- повнота відповіді та активність роботи студента на лабораторній роботі оцінюється до 10 балів (4 лабораторні роботи по 10 балів = 40 балів);
- індивідуальна робота за тематикою змістовного модуля – до 10 балів;
- рубіжний контроль тестування/АКР – до 50 балів:

Підсумковий контроль визначається як середня двох контролів за змістові модулі.

Якщо студент додатково складає залік, то оцінювання враховує наступні критерії:

1. студент отримує два теоретичне питання, які потребують змістовної відповіді, кожне з них оцінюється від 0 до 30 балів;
 - 30-25 балів отримують студенти, які повністю розкрили сутність поняття, дали його чітко визначення або проаналізували і зробили висновок з конкретного теоретичного положення.
 - 24-20 балів отримують студенти, які правильно, але не повністю дали визначення поняття або поверхово проаналізували і зробили висновок з теоретичного положення.
 - 19-10 балів отримують студенти, які правильно, але лише частково визначили те чи інше поняття або частково проаналізували і зробили висновок з теоретичного положення.
 - 9-0 балів отримують студенти, які частково і поверхово визначили те чи інше поняття або сформулювали висновок з теоретичного положення, допустивши неточності та помилки.
2. Студент також отримує задачу, яка має продемонструвати його навички в практиці дослідження пристроїв енергетичної електроніки, яке оцінюється в 40 балів максимум.
 - 40-35 балів отримують студенти, які правильно реалізували схему дослідження і вона показала правильну роботу при натурному, або модельному експерименті;
 - 34-30 балів отримують студенти, які реалізували схему дослідження і вона показала адекватну роботу при натурному, або модельному експерименті;
 - 29-20 балів отримують студенти, які зробили незначні помилки;
 - 19-0 балів отримують студенти, які зробили суттєві помилки.

В цьому випадку підсумкова оцінка визначається як середня в цілому двох змістовних модулів та заліку.

Для студентів заочної форми навчання навчальна дисципліна оцінюється за 100-бальною шкалою. Під час підсумкового контролю (заліку) враховуються наступні види робіт та відповідні критерії:

- правильність виконання, оформлення та повнота відповіді при захисті двох лабораторних робіт студента оцінюється до 40 балів всього;
- правильність виконання, оформлення та повнота відповіді при захисті індивідуальної роботи студента оцінюється до 40 балів;
- два тестування в системі Moodle (до 10 балів кожне).

10. Політика курсу

Політика щодо академічної доброчесності.

Складати всі проміжні та фінальні завдання самостійно без допомоги сторонніх осіб.

Надавати для оцінювання лише результати власної роботи.

Не вдаватися до кроків, що можуть нечесно покращити ваші результати чи погіршити/покращити результати інших студентів.

Не публікувати відповіді на питання, що використовуються в рамках курсу для оцінювання знань студентів.

Політика щодо відвідування аудиторних занять (особиста присутність студента).

Студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального

завдання. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні сформувати загальні та фахові компетентності. Самостійну роботу студент може виконати у системі дистанційного навчання (<https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=1390>) з подальшим захистом. За об'єктивних причин (наприклад, лікарняні, стажування, мобільність, індивідуальний графік, інше) аудиторні види занять та завдань також можуть бути трансформовані в систему дистанційного навчання (сервіс Moodle).

Політика щодо дедлайнів.

Студент зобов'язаний дотримуватись крайніх термінів (дата для аудиторних видів робіт або час в системі дистанційного навчання), до яких має бути виконано певне завдання. За наявності поважних причин (відповідно до інформації, яку надано деканатом) студент має право на складання індивідуального графіку вивчення окремих тем дисципліни.

Політика щодо оскарження результатів контрольних заходів.

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто. Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються.

Політика щодо дотримання прав та обов'язків студентів.

Права і обов'язки студентів відображено у п.7.5 Положення про організацію освітнього процесу в Національному університеті «Запорізька політехніка» (https://zp.edu.ua/uploads/dept_nm/Polozhennia_pro_organizatsiyu_osvitnoho_protseesu.pdf).

Політика щодо конфіденційності та захисту персональних даних.

Обмін персональними даними між викладачем і студентом в межах вивчення дисципліни, їх використання відбувається на основі Закону України «Про захист персональних даних» (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2297-17#Text>). Стаття 10, п.3.