

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Кафедра _____ мікро- та наноелектроніки _____
(найменування кафедри)

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
СИЛОВІ НАПІВПРОВІДНИКОВІ ПРИЛАДИ
(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.

Запоріжжя, 2021

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	ВК Силові напівпровідникові прилади Вибіркова навчальна дисципліна.
Рівень вищої освіти	Другий (магістерський) рівень
Викладач	Василенко О.В., канд.ехнт.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	
<p>Пререквізити Дисципліни за освітнім ступенем бакалавра: Елементи та компоненти електронних схем, Схемотехніка аналогових і цифрових пристроїв обробки сигналів, Моделювання мікро- і наносистем.</p> <p>Постреквізити Стажування (переддипломна практика), Магістерська робота.</p>	
3. Характеристика навчальної дисципліни	
<p>Силові напівпровідникові прилади (СНП) – це курс теоретично-практичного спрямування, що поєднує в собі теорію силових електроніки, математичного моделювання та автоматизованого проектування із їх практичним застосуванням при розробці оптимальних пристроїв силових електроніки.</p> <p>Вивчення навчальної дисципліни «Силові напівпровідникові прилади» дозволить студентів приймати обґрунтовані техніко-економічні рішення при проектуванні та вдосконаленні силових ключів та інтелектуальних силових модулів на їх основі, які разом із пристроями мікро- та наносистемної техніки працюють в системах автоматичного керування.</p> <p>загальні компетентності:</p> <p>ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу; ЗК2. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово; ЗК4. Здатність проводити дослідження на відповідному рівні; ЗК5. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; ЗК6. Здатність генерувати нові ідеї (креативність); ЗК8. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).</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</p>	

призначення;

СК4. Здатність розробляти, обґрунтовано вибирати і використовувати сучасні методи обробки та аналізу сигналів в мікро- і нанoeлектронних приладах та системах;

СК5. Здатність аргументувати вибір методів розв'язання складних задач і проблем мікро- та наносистемної техніки, критично оцінювати отримані результати та аргументувати прийняті рішення;

СК6. Здатність користуватися сучасними системами пошуку та аналізу науково-технічної інформації, проводити патентний пошук і дослідження та здійснювати захист інтелектуальної власності;

СК7. Здатність розробляти і реалізовувати наукові та/або інноваційні проекти у сфері мікро- та наносистемної техніки, а також дотичні до неї міждисциплінарні проекти.

Очікувані програмні результати навчання:

P1. Формулювати і розв'язувати складні інженерні, виробничі та/або наукові задачі під час проектування, виготовлення і дослідження мікро- та наносистемної техніки різноманітного призначення та створення конкурентоспроможних розробок, втілення результатів у бізнес-проектах;

P2. Визначати напрями, розробляти і реалізовувати проекти модернізації виробництва мікро- та наносистемної техніки з урахуванням технічних, економічних, правових, соціальних та екологічних аспектів;

P3. Оптимізувати конструкції систем, пристроїв та компонентів мікро- та наносистемної техніки, а також технології їх виготовлення;

P5. Вільно спілкуватися державною та іноземною мовами усно і письмово для обговорення професійних проблем і результатів діяльності у сфері мікро- та нанoeлектроніки, презентації результатів досліджень та інноваційних проектів;

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

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

P8. Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її;

P9. Забезпечувати якість виробництва; обирати технології, що гарантують отримання необхідних характеристик твердотільних пристроїв; застосовувати сучасні методи контролю мікро- та наносистемної техніки;

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

4. Мета вивчення навчальної дисципліни

підготовка спеціалістів, що зрозуміли і засвоїли основні поняття в галузі силової електроніки: функціонування приладів та принципи проектування пристроїв силової електроніки, конструкції та параметри інтелектуальних силових модулів (IPM) та використання їх в автоматизованих системах.

5. Завдання вивчення дисципліни

Пізнавальні – є освоєння принципів функціонування, вибору та проектування компонентів силової електроніки.

Практичні – сформувати практичні навички використання програм для автоматизованого аналізу при проектуванні пристроїв силової електроніки, в тому числі, регульованих.

6. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1. Змістовий модуль 1

Вступ. Класифікація СНП

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

Мета і задачі дисципліни. Інформаційна та силова електроніка. Спільне застосування в автоматизованих системах пристроїв енергетичної/силової та інформаційної електроніки.

Класифікація і системи умовних позначень силових напівпровідникових приладів (СНП). Електричні параметри СНП. Основні стандарти. Особливості використання. Захист СНП.

Прилади силової електроніки в пристроях електроніки, класифікація пристроїв електроніки. Розподіл СНП по діапазонам частот та потужності. Тенденції розвитку СНП.

Тема 1. Діоди та транзистори

Поняття ідеальний ключ. Тенденції розвитку елементної бази електроніки. Вплив нової елементної бази на підходи до проектування пристроїв живлення.

Принципи дії, структури, конструкції, методи монтування на охолоджувачах. Лавинні діоди. Діоди Шотткі. SOS-діоди. Нові розробки швидковідновлювальних діодів. Перехідні процеси силового діоду. Параметри діодів.

Силові біполярні транзистори (BPT). Особливості статичних і динамічних характеристик. Транзистори із статичною індукцією (CIT). Польові транзистори. Польові транзистори з ізольованим затвором (MOSFET). FETKY-комбінація польового транзистора і діода Шотткі.

Тема 2. Тиристори

Потужні тиристори. Структури, параметри, області застосування, порівняльний аналіз параметрів тиристорів різних типів змінного струму. Тиристори керовані та некеровані.

Симетричні тиристори (TRIAC). Тиристори, що не замикаються по входу (SCR). Блоквані тиристори (GTO). Жорстко керовані тиристори (HD GTO). Тиристор, комутований по затвору (GCT).

Тиристор з вбудованим блоком керування (IGCT).

Модуль 2. Змістовий модуль 2

Тема 3. Гібридні та складені прилади. Інтелектуальні модулі

Гібридизація силових напівпровідникових приладів. Біполярні транзистори з ізольованим затвором (IGBT). Функціонування IGBT. Параметри IGBT.

Інші гібридні СНП. Біполярний транзистор, інтегрований із CIT, тиристори, інтегровані з польовими структурами на вході (ТЕК, МСТ, GAT).

Складені СНП та силові інтелектуальні модулі (IPM). Розвиток та конструкція IPM. Силові інтегральні схеми (Power IC). Інтелектуальні силові гібридні модулі (Smart Power IC). Регуляція та контроль в IPM, Power IC, Smart Power IC.

Тема 4. Ефективне проектування силових електронних пристроїв

Види напруги, які діють на прилади, механізми пошкодження приладів під впливом імпульсів напруги. Визначення типового значення струму приладу, визначення втрат потужності та підвищення температури в приладі. Охолоджувачі.

Використання автоматизованих систем проектування для перевірки оптимальності прийнятих технічних рішень.

Схеми захисту потужних напівпровідникових приладів. Розгляд схем захисту потужних напівпровідникових приладів від деструктивного впливу імпульсів перенапруги та струму перевантаження, їх переваги та недоліки.

Тема 5. Ефективне використання СНП. Заключна

Методика підбору СНП для пристроїв силової електроніки: від технічного завдання до набору технічних характеристик та параметрів. Техніко-економічні обґрунтування. Використання автоматизованих систем проектування для перевірки оптимальності прийнятих технічних рішень.

Тренди розвитку СНП: вдосконалення структур, корпусів, керованість, підвищення частоти комутації, інтелектуалізація. Використання СНП в автоматизованих системах перетворення енергії, керування процесами тощо.

Розгляд питань на залік.

7. План вивчення навчальної дисципліни

№ тижня	Назва теми	Форми організації навчання	Кількість годин
1	Вступ. Класифікація СНП	лекція	2
2	Параметри силових діодів та транзисторів	лабораторна робота	2
3	Класифікація СНП	лекція	2
4	Дослідження силового діоду	лабораторна робота	2
5	Тема 1. Діоди та транзистори.	лекція	2
6	Дослідження ключів на MOS FET та снаберних ланцюгів	лабораторна робота	2
7	Тема 2. Тиристри	лекція	2
8	Дослідження тиристорів	лабораторна робота	2
8	Змістовний модуль 1	тестування/АКР	
9	Тема 3. Гібридні та складені прилади. Інтелектуальні модулі.	лекція	2
10	Дослідження IGBT	лабораторна робота	2
11	Тема 4. Ефективне проєктування силових електронних пристроїв.	лекція	2
12	Дослідження H-моста на MOSFET	лабораторна робота	2
13	Тема 5. Ефективне використання СНП. Заключна	лекція	2
14	Дослідження варіантів IPM	лабораторна робота	2
15	Змістовний модуль 2	тестування/АКР	

8. Самостійна робота

№ тижня	Назва теми	Види СР	Кіл-ть годин	Контрольні заходи
1,2	Вступ. Класифікація СНП. Параметри силових діодів та транзисторів.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, захист лабораторних робіт.
3,4	Класифікація СНП Дослідження силового діоду.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, захист лабораторних робіт.
5,6	Діоди та транзистори. Дослідження ключів на MOS FET та снаберних ланцюгів.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, захист лабораторних робіт.

7,8	Тиристори Дослідження тиристорів SCR та GTO.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, захист лабораторних робіт.
8	Змістовий модуль 1.	Підготовка до тестування	3	Тестування для самоконтролю в системі дистанційного навчання (тест 1).
9,10	Гібридні та складені прилади. Інтелектуальні модулі. Дослідження IGBT.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, захист лабораторних робіт.
11,12	Ефективне проектування силових електронних пристроїв. Дослідження H-моста на MOSFET.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, захист лабораторних робіт.
13,14	Ефективне використання СНП. Заключна. Дослідження варіантів ІРМ.	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=2194>;
- 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 змістовних модулів.

Для студентів денної форми навчання кожен змістовний модуль оцінюється за 100-бальною шкалою. Підсумкова оцінка визначається як середня двох контролів за перший та другий змістовні модулі. Студент має право додатково скласти залік за 100-бальною шкалою. В цьому випадку підсумкова оцінка визначається як середня в цілому трьох змістовних 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-трансфертної 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	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	Незадовільно з можливістю повторного складання	Не зараховано 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 студентів, 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 змістовому 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 змістовому 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 чітке 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 СНП, 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 змістових 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=2194>) 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.