

**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:

Якість, стандартизація та сертифікація  
(назва освітньої програми)

Спеціальність:

152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка  
(найменування спеціальності)

Галузь знань:

15 Автоматизація та приладобудування  
(найменування галузі знань)

Ступінь вищої освіти:

бакалавр  
(назва ступеня вищої освіти)

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

Протокол №1 від 17.08.2021 р.

<b>1. Загальна інформація</b>	
<b>Назва дисципліни</b>	<b>Силові напівпровідникові прилади</b> Навчальна дисципліна вибіркової компоненти
<b>Рівень вищої освіти</b>	Перший (бакалаврський) рівень
<b>Викладач</b>	Василенко О. В., к.т.н., доцент, доцент Мікро- і наноелектроніки
<b>Контактна інформація викладача</b>	Робочий телефон: +380617698367, телефон викладача: 0952394162, e-mail: <a href="mailto:traven03@yahoo.com">traven03@yahoo.com</a>
<b>Час і місце проведення навчальної дисципліни</b>	Згідно до розкладу занять.
<b>Обсяг дисципліни</b>	<b>Кількість годин</b> – загальний обсяг 150 годин <b>кредитів</b> – 5 кредитів ЄКТС <b>розподіл годин:</b> 30 годин лекційних, 14 годин лабораторних, 14 годин практичних, 92 години самостійна робота, <b>вид контролю</b> – залік
<b>Консультації</b>	Згідно з графіком консультацій.
<b>2. Пререквізити і постреквізити навчальної дисципліни</b>	
<b>Пререквізити</b>	<b>Дисципліни:</b> «Українська мова», «Елементи та компоненти електронних систем»
<b>Постреквізити</b>	<b>Дисципліни:</b> «Проектування вимірювальних систем»
<b>3. Характеристика навчальної дисципліни</b>	
<p>Силові напівпровідникові прилади (СНП) – це курс теоретично-практичного спрямування, що поєднує в собі теорію силової електроніки, математичного моделювання та автоматизованого проектування із їх практичним застосуванням при розробці оптимальних пристроїв силової 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 для живлення інформаційно-вимірювальної техніки (ІВТ).</p> <p><b>загальні компетентності:</b></p> <p>K01. Здатність застосовувати професійні знання й уміння у практичних ситуаціях. K02. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово. K03. Здатність спілкуватися іноземною мовою. K04. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.</p> <p><b>фахові компетентності:</b></p> <p>K14. Здатність проектувати засоби інформаційно-вимірювальної техніки та описувати принцип їх роботи. K15. Здатність, виходячи з вимірювальної задачі, пояснювати та описувати принципи побудови обчислювальних компонент засобів вимірювальної техніки. K16. Здатність використовувати сучасні інженерні та математичні пакети для створення моделей приладів і систем вимірювань.</p> <p><b>Очікувані програмні результати навчання:</b></p> <p>ПР01. Вміти знаходити обґрунтовані рішення при складанні структурної, функціональної та принципової схем засобів інформаційно-вимірювальної техніки. ПР09. Розуміти застосування методик та методи аналізу, проектування і дослідження, а також обмежень їх використання. ПР15. Знати та розуміти предметну область, її історію та місце в сталому розвитку техніки і</p>	

технологій, у загальній системі знань про природу і суспільство.

#### 4. Мета вивчення навчальної дисципліни

підготовка спеціалістів, що зрозуміли і засвоїли основні поняття в галузі силових електроніки: функціонування приладів та принципи проектування пристроїв силових 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 силових електроніки.

**Практичні** – сформувані практичні навички використання програм для автоматизованого аналізу при проектуванні пристроїв силових 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 силових електроніки в пристроях електроніки, класифікація пристроїв електроніки. Розподіл СНП по діапазонам частот та потужності. Тенденції розвитку СНП.

##### **Тема 1. Діоди та транзистори.**

Поняття ідеального ключа. Тенденції розвитку елементної бази електроніки. Вплив нової елементної бази на підходи до проектування пристроїв живлення.

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

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

##### **Тема 2. Тиристри**

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

Симетричні тиристри (TRIAC). Тиристри, що не замикаються по входу (SCR). Блоквані тиристри (GTO). Жорстко керовані тиристри (HD GTO). Тиристор, керований 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 СІТ, тиристри, 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.	лекція	2
1	Характеристики ідеальних та реальних ключів	Практичне заняття	2
2	Класифікація силових напівпровідникових приладів (СНП)	лекція	2
2	Дослідження силового діоду	Лабораторна робота	2
3	Силові діоди.	лекція	2
3	Розрахунок параметрів випрямлячів на діодах.	Практичне заняття	2
4	Силові польові транзистори.	лекція	2
4	Дослідження ключів на MOS FET	Лабораторна робота	2
5	Силові біполярні транзистори.	лекція	2
5	Розрахунок параметрів силових ключів.	Практичне заняття	2
6	Еволюція тиристорів	лекція	2
6	Дослідження ключів та снабберних ланцюгів	Лабораторна робота	2
7	Тиристор з вбудованим блоком керування (IGCT).	лекція	2
7	Аналіз параметрів SCR, GTO, IGCT	Практичне заняття	2
7	Змістовний модуль 1	Тестування/АКР	1
8	Функціонально-інтегровані силові прилади (ФІСП).	лекція	2
8	Дослідження структур ФІСП	Лабораторна робота	2
9	Гібридні та складені СНП.	лекція	2
9	Аналіз параметрів IGBT.	Практичне заняття	2
10	Перспективи IGBT для силової електроніки	лекція	2
10	Дослідження IGBT	Лабораторна робота	2
11	Силові інтелектуальні модулі.	лекція	2
11	Аналіз структур та конструкцій інтелектуальних модулів.	Практичне заняття	2
12	Інвертори в складі інтелектуальних модулів	лекція	2

12	Дослідження автономного інвертору струму.	Лабораторна робота	2
13	Ефективне проектування силових електронних пристроїв.	лекція	2
13	Розрахунок параметрів інвертора	Практичне заняття	2
14	Ефективне використання СНП. Заключна	лекція	2
14	Моделювання джерела живлення на 600 В.	Лабораторна робота	2
15	Змістовний модуль 2	Тестування/АКР	1

### 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.	10	Усне опитування на лекціях, захист лабораторних робіт.
3,4	Класифікація СНП Дослідження силового діоду	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт, індивідуальна робота.	10	Усне опитування на лекціях, захист лабораторних робіт.
5,6	Діоди та транзистори. Дослідження ключів на MOS FET та снаберних панцюгів	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт, індивідуальна робота.	10	Усне опитування на лекціях, захист лабораторних робіт.
7,8	Тиристорів Дослідження тиристорів SCR та GTO	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт, індивідуальна робота.	10	Усне опитування на лекціях, захист лабораторних робіт.
8	Змістовий модуль 1.	Підготовка до тестування	11	Тестування / АКР
9,10	Гібридні та складені прилади. Інтелектуальні модулі. Дослідження IGBT	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт, індивідуальна робота.	10	Усне опитування на лекціях, захист лабораторних робіт.
11,12	Ефективне проектування силових електронних пристроїв. Дослідження Н-моста на MOSFET	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт, індивідуальна робота.	10	Усне опитування на лекціях, захист лабораторних робіт.
13,14	Ефективне використання СНП. Заклучна. Дослідження варіантів IPM.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт, індивідуальна робота.	10	Усне опитування на лекціях, захист лабораторних робіт.
15	Змістовий модуль 2.	Підготовка до тестування та підсумкової атестації	11	Тестування / АКР

**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](mailto: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» заслугоує 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 змістовний 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);
- робота на практичних заняттях оцінюється до 10 балів (4 практичних заняття по 10 балів = 40 балів);
- рубіжний контроль тестування/АКР – до 30 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);
- робота на практичних заняттях оцінюється до 10 балів (3 практичних заняття по 10 балів = 30 балів);
- рубіжний контроль тестування/АКР – до 30 балів.

Підсумковий контроль визначається як середня двох контролів за змістовні 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 помилки на деяких етапах дослідження;
- 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 сформулювати загальні та фахові компетентності. Самостійну роботу студент може виконати у системі дистанційного навчання (сервіс Moodle) 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.

### **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/normativna-baza-navchalnogo-procesu>).

**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.