Вінницький національний технічний університет
Кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем
Факультет інформаційних електронних систем

БІОМЕДИЧНІ СЕНСОРИ

вибірковий освітній компонент (дисципліна 9)
І (бакалаврський) рівень вищої освіти
2023–2024 навчальний рік

Освітня програма **Біомедична інженерія**
Спеціальність **163 Біомедична інженерія**

Викладач: **Павлов С. В.**, д. т. н., професор
Мова викладання: **українська**
Семестр – **8**
Кредитів ЄКТС – **4**
Лекцій – **27 год.**
Практичних – **18 год.**
Самостійна робота – **75 год.**
Вид контролю – **диф. залік**

Передумови для вивчення – результатів навчання, набуті під час вивчення навчальних дисциплін «Аналогова схемотехніка», «Цифрова схемотехніка», «Метрологія, стандартизація, сертифікація».

Метою дисципліни є опанування найпоширеніших засобів вимірювання і схем контролю на основі різних фізичних принципів, вивчення способи застосовування на практиці набутих на фундаментальних курсах знань, розуміння фізичних принципів роботи сенсорів та роботи схем керування ними, забезпечити отриманні практичних навиків роботи з вимірювальною апаратурою, здійснювати інтерпретацію отриманих експериментальні та теоретично розраховані результати.

Компетентності спеціальні (фахові)

Здатність ефективно використовувати контрольно-вимірювальне, технологічне та дослідницьке обладнання при дослідженнях та виробництві матеріалів, компонентів, приладів і пристроїв сенсорної електроніки.

Здатність здійснювати тестування та діагностику медичних сенсорів, а також оброблення і аналіз отриманих результатів.

Здатність інтегрувати знання фундаментальних розділів фізики та хімії для розуміння процесів твердотільної, функціональної сенсорної електроніки.

Здатність ідентифікувати, класифікувати, оцінювати і описувати процеси в медичних сенсорах та вимірювальних перетворювачах за допомогою аналітичних

методів, засобів моделювання, дослідних зразків та результатів експериментальних досліджень.

Здатність вирішувати інженерні задачі в галузі сенсорної електроніки з урахуванням всіх аспектів розробки, проектування, виробництва, експлуатації та модернізації сенсорів та вимірювальних перетворювачів.

Здатність визначати та оцінювати характеристики та параметри матеріалів для побудови медичних сенсорів та вимірювальних перетворювачів проектування біомедичних приладів та систем.

Здатність керувати проектами і оцінювати їх результати.

Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування медичних сенсорів та вимірювальних перетворювачів.

Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів проблеми, що вирішується, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію медичних сенсорів.

Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів сенсорної електроніки.

Компетентності загальні

Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій.

Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

Здатність приймати обґрунтовані рішення.

Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.

Здатність виявляти зворотні зв'язки та корегувати свої дії з їх врахуванням.

Здатність аналізувати, верифікувати, оцінювати повноту інформації в ході професійної діяльності, за необхідності доповнювати й синтезувати відсутню інформацію й працювати в умовах невизначеності.

Результати навчання:

Знаходити варіанти підвищення надійності елементів сенсорної електроніки.

Відтворювати процеси в джерелах живлення для елементів сенсорної електроніки при їх моделюванні на персональному комп'ютері.

Розв'язувати задачі синтезу та аналізу медичних сенсорів та вимірювальних перетворювачів;

Розробляти вироби та компоненти сенсорної електроніки на основі мікро- та наносистемної техніки, враховуючі вимоги до їх характеристик, технологічні та ресурсні обмеження; використовувати сучасні інструменти автоматизації проектування;

Будувати і досліджувати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі об'єктів та процесів мікро- та наноелектроніки для побудови елементів сенсорної електроніки;

Координувати роботу колективів виконавців для проведення наукових досліджень, проєктування, розроблення, аналізу, розрахунку, моделювання, виробництва та тестування елементів сенсорної електроніки;

Досліджувати і розробляти компоненти лазерної електроніки, зокрема, біомедичного призначення.

Тематика курсу

Змістовий модуль 1. Основні прилади сенсорної електроніки.

Тема 1. Вимоги до електричних та механічних параметрів біомедичних сенсорів.

Біологічна та електрична сумісність. Параметри вхідних та вихідних сигналів вимірювальних перетворювачів. Вимірювальний перетворювач і сенсор. Функція перетворення. Статичні характеристики сенсорів. Динамічні характеристики сенсорів

Тема 2. Типові види вхідних сигналів. Класифікація сенсорів та вимірювальних перетворювачів.

Імпульсна характеристика. Класифікація сенсорів та вимірювальних перетворювачів за родом вхідної та вихідної величини. Класифікація вимірювальних перетворювачів за фізичним принципом дії. Резистивні датчики (матеріали, характеристики). Дротові тензорезистори (матеріали, характеристики, схеми з'єднання). Напівпровідникові тензоперетворювачі (матеріали, характеристики, схеми з'єднання).

Тема 3. Фотосенсорні елементи.

Фоторезистори. Принцип дії. Основні параметри фоторезисторів. Фоторезистори. Основні характеристики (люус-амперна, вольт-амперна, частотна). Фоторезистори. Схеми включення. Переваги та недоліки фоторезисторів. Фотодіоди. Поділ за принципом дії. Будова. Фотодіоди. Характеристики. Схеми з'єднання. Лавинний фотодіод (принцип дії, характеристики). Фототранзистори (будова, характеристики, схеми з'єднання).

Тема 4. Термоелектричні та ємнісні перетворювачі

Термоелектричні перетворювачі. Принцип дії. Емпіричні правила залежності електрорушійної сили від температури. Термопари (принцип дії, матеріали, характеристики). Ємністні перетворювачі. Типи. Методи вимірювання. Ємністні перетворювачі. Вимірювачі тиску (будова, принцип дії, застосування). Ємністні перетворювачі. Вимірювачі рівня (будова, принцип дії, застосування). Ефекти, на яких працюють гальваномагнітні перетворювачі. Перетворювачі Холла. Параметри. Чутливість. Застосування. Магніторезисори. Принцип дії. Характеристики. Застосування. Магнітодіоди. Будова. Матеріали. Параметри. Застосування.

Тема 5. П’єзоелектричні, електро- і магнітооптичні сенсори.

П’єзоелектричні перетворювачі. Принцип дії. Коефіцієнт електромеханічного зв’язку. П’єзоелектричні перетворювачі. Кварц. Характеристики. Застосування. П’єзоелектричні перетворювачі. П’єзокераміка. Матеріали. Характеристики. П’єзоелектродинамометри. Вимірювання нормальних, тангенціальних сил, обертового механічного моменту. П’єзоелектродинамометри. Еквівалентна схема. Можливість використання п’єзоелектродинамометрів для повільних процесів.

Тема 6. Акселерометри

Акселерометри. Характеристики. Типи. Електромеханічний акселерометр. Газові акселерометри. Електромеханічний акселерометр. П’єзоелектричний акселерометр. Ємністні акселерометри. П’єзорезистивні акселерометри.

Змістовий модуль 2. Основи побудови та технологія застосування сенсорної електроніки для біомедичних дослідженнях.

Тема 7. Фотоелектричні приймачі та перетворювачі оптичних сигналів.

Оптичні сенсори. Оптичні волокна. Оптоволоконний датчик деформації. Оптичні волоконні сенсори на основі брегівських граток. Електрооптичні датчики. Будова. Принцип дії. Використання. Магнітооптичні датчики. Сенсори на основі вимірювання інтенсивності світла. Сенсори на основі поглинання світла напівпровідником. Будова. Принцип дії. Фотоелектронні помножувачі (будова, принцип дії). Режим ліку фотонів. Позиційно чутливі приймачі випромінювання (будова, принцип дії).

Тема 8. Мехатроніка в фізичних пристроях при побудові біомедичних сенсорів

Крокові двигуни. Типи. Переваги та недоліки. Крокові двигуни зі змінним магнітним опором. Крокові двигуни з постійними магнітами. Принцип дії. Переваги та недоліки. Гібридний кроковий двигун. Принцип дії. Переваги та недоліки. Уні-, біполярні крокові двигуни. Схеми з’єднання обмоток. Мікрокроковий режим крокового двигуна. Переваги та недоліки.

Тема 9. Номенклатура метрологічних характеристик вимірювальних біомедичних перетворювачів.

Характеристики для визначення результатів перетворення та похибок засобів вимірювання. Динамічні характеристики вимірювальних біомедичних сенсорів.

Тема 10. Рецептори та сенсори біологічних організмів.

Нейронна система передачі сигналів. Типи сенсорів та актюаторів. Фізико-хімічні основи функціонування сенсорів та актюаторів

Тема 11. Біомедичні сенсори для вимірювання різних фізичних величин .

Сенсори для вимірювання температури, світла, електричного та магнітного поля, радіації, електричної ємності, механічного напруження, прискорення, потоку, гравітації, параметрів рідинних та газоподібних речовин.

Тема 12. Біосенсори. Сенсори для телемедицини.

MEMS структури в сенсорній та актюаторній техніці. Концепція інтелектуальних (розумних) сенсорів. Сигнальні вимірювальні перетворювачі. Інтерфейси сенсорних пристроїв. Вимірювальні перетворювачі телемедицини та інтернету речей.

Теми практичних робіт

1. Дослідження п’єзоелектричних і тензорезистивних біомедичних сенсорів.
2. Дослідження електромагнітних і терморезистивних біомедичних сенсорів.
3. Дослідження оптичних біомедичних сенсорів.
4. Дослідження ємнісних і індуктивних біомедичних сенсорів.
5. Розрахунок мостової схеми перетворення сигналів.
6. Дослідження сенсорів біомеханічних та біоакустичних величин.
7. Електроди для біомедичних вимірювань.
8. Дослідження сенсорів для теплових вимірювань.
9. Дослідження ультразвукових сенсорів.

Індивідуальні завдання

Під час вивчення дисципліни здобувачі освіти за індивідуальними темами готують доповіді, презентації, виконують індивідуальні домашні завдання, реферати. Крім того, за рішенням кафедри та за узгодженням з науковим керівником здобувачі освіти можуть виконувати дослідні завдання, готувати доповіді на міжнародні науково-технічні конференції, інші публікації.

Методи навчання

Лекція, проблемна лекція, демонстрація, зокрема, з використанням мультимедійних засобів навчання, практичні роботи, підготовка рефератів, доповідей науково-дослідного характеру, зокрема, на щорічну науково-технічну конференцію підрозділів ВНТУ.

Форми контролю

Поточний контроль здійснюється у формі фронтального, індивідуального чи комбінованого контролю знань студентів на лекційних заняттях, під час виконання і захисту практичних робіт та індивідуальної роботи; проміжний контроль – тестування, колоквіум, опитування; підсумковий контроль – диференційований залік, який складається з усіх тем курсу.

Оцінювання результатів навчання

Модуль	Колоквіум	Практичні роботи	Виконання завдань з СР	Разом
I	15	25	10	100
II	20	20	10	
За семестр	35	45	20	

Шкала підсумкового оцінювання в балах та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS
90 – 100	**A**
82 – 89	**B**
75 – 81	**C**
64 – 74	**D**
60 – 63	**E**
35 – 59	**FX** незадовільно з можливістю повторного складання
0 – 34	**F** незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Політика курсу

Викладач, здобувачі освіти та всі учасники освітнього процесу з дисципліни зобов'язані дотримуватися морально-етичних норм і правил, які викладені у Кодексі етики ВНТУ, Положенні про академічну доброчесність у ВНТУ, Положенні про рейтингову систему оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти у Вінницькому національному технічному університеті і розуміють, що за порушення викладених у положеннях принципів учасники освітнього процесу несуть повну особисту відповідальність.

Базові інформаційні ресурси

1. Основи біомедичного радіоелектронного апаратобудування: навчальний посібник / Злепко С.М., Павлов С.В., Коваль Л.Г. та ін. – Вінниця: ВНТУ. – 2011.
2. Мікроелектронні сенсори фізичних величин. В трьох томах / за ред. З. Ю. Готри. Львів : Ліга-Прес. Том 1– 2002, Том 2 – 2003, Том 3 – 2006.
3. Вісьтак М., Голяка Р., Микитюк З. Завадостійкі сигнальні перетворювачі оптичних сенсорних пристроїв: монографія. Львів : Ліга-Прес, 2015. 152 с.
4. Большакова І. А., Годинюк І. М., Голяка Р. Л. та ін. Структури та параметри мікроелектронних гальваномагнітних сенсорів магнітного поля : монографія / за ред. З. Ю. Готри. Львів : Ліга-Прес, 2013. 413 с.
5. Мікроелектронні сигнальні перетворювачі теплових сенсорів потоку: монографія / З. Ю. Готра, С. В. Павлов, Р. Л. Голяка та ін. Вінниця: ВНТУ, 2012. 240 с.

6. Войтович І. Д., Корсунський В. М. Інтелектуальні сенсори / Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України. Київ, 2007. 513 с.
7. Wójcik W., Smolarz A. (eds.) Information Technology in Medical Diagnostics. London : CRC Press, 2017. 210 p.
8. Wójcik W., Pavlov S., Kalimoldayev M. (eds.) Information Technology in Medical Diagnostics II. London : Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book, 2019. 336 p,
9. Інтелектуальні технології комп'ютерного планування та моделювання в медичній діагностиці, лікуванні та реабілітації : монографія / за ред. С. В. Павлова, О. Г. Аврунiна, О. В. Грушка. Житомир : ПП «Євро-Волинь», 2021. 202 с.
10. Iniewski K. (ed.). Biological and medical sensor technologies. London : CRC Press, 2017. 412 p.
11. Spichiger-Keller U. E. Chemical sensors and biosensors for medical and biological applications. New York : John Wiley & Sons, 2008. 425 p.
12. Kyung C. M., Yasuura H., Liu Y., Lin Y. L. (eds.) Smart sensors and systems. Innovations for medical, environmental, and IoT applications. Cham : Springer International Publishing, 2017. 522 p.