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

ВИМІРЮВАЛЬНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ І ДАТЧИКИ ДЛЯ МЕДИКО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

обов'язковий освітній компонент
І (бакалаврський) рівень вищої освіти

Освітня програма **Біомедична інженерія**
Спеціальність **163 Біомедична інженерія**
Викладач: **Коваль Л. Г.**, к. т. н., доцент
Мови викладання: **українська**
Семестр – **6**
Кредитів ЄКТС – **5**
Лекції – **48 год.**
Лабораторні роботи – **30 год.**
Практичні заняття **– 6 год.**
Курсова робота – **45 год.**
Самостійна робота – **21 год.**
Вид контролю – **екзамен**

Передумови для вивчення: дисципліна «Вимірювальні перетворювачі і датчики для медико-технічних систем» базується на знаннях, одержаних здобувачами освіти при вивченні обов'язкових освітніх компонентів «Метрологія, стандартизація, сертифікація» та «Електроніка. Цифрова схемотехніка». Дисципліна безпосередньо передує дисциплінам «Нанотехнології в біології та медицині», «Біомедичні прилади, апарати і комплекси. Діагностична техніка» та виконанню бакалаврської дипломної роботи.

Мета курсу. Вивчення здобувачами принципів вимірювання біологічних сигналів закономірностей будови та функціонування сенсорів, датчиків та перетворювачів біомедичних сигналів та проектування систем контролю інтелектуальних імплантів із зворотнім зв'язком.

Компетентності

Інтегральна компетентність. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у біомедичній інженерії або у процесі навчання, що передбачає застосування певних теорій та методів

хімічної, біологічної та медичної інженерії, і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК3. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК5. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК6. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК8. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК10. Навики здійснення безпечної діяльності.

ЗК11. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ЗК12. Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина України.

ЗК13. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

ЗК14. Здатність дотримуватись принципів академічної доброчесності під час навчання та в подальшій професійній діяльності.

СК1. Здатність застосовувати пакети інженерного програмного забезпечення для проведення досліджень, аналізу, обробки та представлення результатів, а також для автоматизованого проєктування медичних приладів та систем.

СК2. Здатність забезпечувати інженерно-технічну експертизу в процесі планування, розроблення, оцінювання та специфікації медичного обладнання.

СК3. Здатність вивчати та застосовувати нові методи та інструменти аналізу, моделювання, проєктування та оптимізації медичних приладів і систем.

СК4. Здатність забезпечувати технічні та функціональні характеристики систем і засобів, що використовуються в медицині та біології (при профілактиці, діагностиці, лікуванні та реабілітації).

СК5. Здатність застосовувати фізичні, хімічні, біологічні та математичні методи в аналізі, моделюванні функціонування живих організмів та біотехнічних систем.

СК6. Здатність ефективно використовувати інструменти та методи для аналізу, проєктування, розрахунку та випробувань при розробці біомедичних продуктів і послуг.

СК7. Здатність планувати, проєктувати, розробляти, встановлювати, експлуатувати, підтримувати, технічно обслуговувати, контролювати і координувати ремонт приладів, обладнання та системи для профілактики, діагностики, лікування і реабілітації, що використовується в лікарнях і науково-дослідних інститутах.

СК8. Здатність проводити дослідження та спостереження щодо взаємодії біологічних, природних та штучних систем (протези, штучні органи та ін.).

СК9. Здатність ідентифікувати, формулювати і вирішувати інженерні проблеми, пов'язані з взаємодією між живими і неживими системами.

СК10. Здатність застосовувати принципи побудови сучасних автоматизованих систем управління виробництвом медичних приладів, їх технічне, алгоритмічне, інформаційне і програмне забезпечення.

СК11. Здатність застосовувати інформаційні технології, комп'ютерну, мікроконтролерну техніку та сенсорні системи для розробки та експлуатації медичної апаратури та медичних інформаційних систем.

Програмні результати навчання

ПРН 1. Застосовувати знання основ математики, фізики та біофізики, біоінженерії, хімії, інженерної графіки, механіки, опору та міцності матеріалів, властивості газів і рідин, електроніки, інформатики, отримання та аналізу сигналів і зображень, автоматичного управління, системного аналізу та методів прийняття рішень на рівні, необхідному для вирішення задач біомедичної інженерії.

ПРН 2. Формулювати логічні висновки та обґрунтовані рекомендації щодо оцінки, експлуатації та впровадженні біотехнічних, медико-технічних та біоінженерних засобів і методів.

ПРН 5. Вміти використовувати бази даних, математичне і програмне забезпечення для обробки даних та комп'ютерного моделювання біотехнічних систем.

ПРН 6. Вміти спілкуватися з професіоналами в області охорони здоров'я державною та іноземною (англійською або однією з інших офіційних мов ЄС) мовами та розуміти їхні вимоги до біомедичних продуктів і послуг.

ПРН 7. Здійснювати інженерний супровід, сервісне та інше технічне обслуговування при експлуатації лабораторно-аналітичної техніки, медичних діагностичних і терапевтичних комплексів та систем, а також оформляти типову документацію за видами робіт згідно з Технічним регламентом щодо медичних виробів.

ПРН 10. Вміти планувати, організовувати, направляти і контролювати медико- технічні та біоінженерні системи і процеси.

ПРН 11. Здійснювати контроль якості та умов експлуатації медичної техніки та матеріалів медичного призначення, штучних органів та протезів.

ПРН 12. Надавати рекомендації щодо вибору обладнання для забезпечення проведення діагностики та лікування.

ПРН 13. Вміти аналізувати сигнали, які передаються від органів на

прилади, та проводити обробку діагностичної інформації.

ПРН 16. Вміти вибирати та рекомендувати відповідне медичне обладнання і біоматеріали для оснащення медичних закладів та забезпечення основних стадій технологічного процесу діагностики, профілактики та лікування.

ПРН 17. Вміти використовувати системи автоматизованого проєктування для розробки технологічної та апаратної схеми медичних приладів та систем.

ПРН 18. Застосовувати знання з хімії та біоінженерії для створення, синтезу та застосування штучних біотехнічних та біологічних об'єктів.

ПРН 20. Проєктувати, вибирати матеріал та розробляти технологію виготовлення біомедичних імплантів.

Тематика курсу

Змістовий модуль 1. Основи вимірювань біосигналів

Тема 1. Генезис біосигналів в організмі людини

Внутрішні органи, тканини, шкіра як електричні генератори. Електричнийопір живих тканин. Спрощена модель генерації ЕРС клітинами та органами. Поняття "усередненого" спільного електрода та його значення при реєстраціїбіоелектричних сигналів. Схеми відведень з усередненим електродом. Електричний опір живих тканин. Його залежність від різних факторів.

Тема 2. Види електродів та перетворювачів біосигналів

Електроди, пасти, провідники, перемикачі електродів. Електроди. Призначення та основні характеристики. Вимоги до електродів. Пасти та вимоги до них. Електродні провідники і перемикачі електродів.

Тема 3. Сенсори та фізичні явища перетворення енергій і фізичних величин

Визначення сенсора. Складові сенсорів. Властивості сенсорів. Фізична сутність перетворювання: зміна фізичних властивостей, теплова енергія, ефект Зеебека і піроелектричний ефект, ефект Пельтьє, фотогальванічний ефект, ефект фотопровідності, ефект Зеемана, ефект Фарадея,ефект Холла, магнітострикція, п'єзоелектричний ефект.

Тема 4. Особливості вимірів під час шкірно-електродного контакту

Класифікація надшкірних і підшкірних електродів. Артефакти електродних систем. Типові конструкції електродів для електрофізіологічних досліджень.

Змістовий модуль 2. Датчики та сенсори для вимірювання біомедичних сигналів та діагностики імплантів.

Тема 5 . Сенсори для біохімічних досліджень

Поняття біохімічного сенсора. Біохімічна сенсорика. Кисневий електрод Кларка та електрохімічні сенсори на його основі. Властивості біосенсорів.

Біосенсори органів чуття. Сенсорні системи. Динамічний діапазон. Морфологія сенсорної клітини. Механізми сенсорної трансдукції.

Тема 6. Датчики клінічних досліджень

Основні показники газів крові. Спектрофотометрична оксиметрія. Фотоплєтізмографія. Капнометрія. Анестезіологічний моніторинг та мультигазовий аналізатор. Датчики параметрів дихання. Контактні, резистивні, пневматичні та термісторні датчики. Спірометричний датчик турбінного типу. Датчик ПШВ. Термомагнітний газоаналізатор.

Тема 7. Датчики для діагностичної апаратури

Методи та датчики рентгенології. Комп'ютерна томографія. Методи та датчики МРТ. Конвенціональна МРТ. МР- дифузія. МР- перфузія. МРспектроскопія. МР- ангіографія. Функціональна МРТ. Вимірювання температур за допомогою МРТ. Методи та датчики електроенцефалографії. Нейронні процеси у мозку людини. Електроенцефалографічні датчики. Поняття каналу. Види відведень. Індексація розташування електродів. Методика дослідження електроенцефалограм.

Тема 8 Теплові біомедичні сенсори

Датчики та сенсори температури тіла, внутрішніх органів людини та штучних імплантів. Контактні теплові сенсори. Ртутні термометри. Цифрові медичні термометри. Медичні терморезистори. Медичні термопари. Безконтактні теплові сенсори. Пірометричні датчики. Медичні термографи

Тема 9 Інтелектуальні сенсори та наносенсорні системи

Загальні поняття про інтелектуальні датчики. Інтегральні датчики. Інтерфейси датчиків. Сенсори на основі оптичних хвильоводів із фотонно-кристалічною структурою. Сенсори на основі вуглецевих нанотрубках. Нанобіосенсори для діагностики імплантів. Мультисенсорні електронні детектори запаху і смаку. Тенденції розвитку датчиків фізичнихвеличин і способів вимірів в біометрії.

Практичні заняття

1 Елементи електричної безпеки медичної апаратури
2 Різновиди і особливості фізичних величин
3 Електромагнітні сенсори
4 Сенсорний датчик електронного керування
5 Сенсорна інформація в системі координації живих організмів
6 Одномірні багатоступінчасті датчики

Лабораторні роботи

1. Дослідження електричних властивостей біологічних тканин
2. Дослідження датчиків для електрокардіографії
3. Дослідження біохімічних перетворювачів

4. Дослідження датчиків та сенсорів для вимірювання температури
5. Дослідження та повірка перетворювачів ПСА-02, ПАК-02 та ППВ-02
6. Дослідження тензодатчиків для механічної діагностики імплантів
7. Дослідження дачиків вимірювання складу повітря
8. Дослідження датчиків для неруйнівного контролю імплантів.
9. Дослідження інтелектуальних сенсорів.
10. Узгодження первинних перетворювачів фізичних величин з ПК.

Індивідуальні завдання

Під час вивчення дисципліни студенти готують доповіді, презентації, есеї, виконують індивідуальні домашні завдання. Крім того, за рішенням кафедри та за узгодженням з науковим керівником студенти готують доповіді на щорічну науково-технічну конференцію ВНТУ.

Форми контролю

Поточний контроль, який здійснюється у формі фронтального, індивідуально-го чи комбінованого контролю знань студентів під час лекційного та лабораторного заняття, тестування, колоквіумів, іспит, захист курсової роботи.

Оцінювання результатів навчання

Вид роботи	Модуль	Модуль
	1	2
1. Лабораторні роботи (1 лаб. – 3 бали)	15 / 3	15 / 3
2. Практичні заняття	6 / 1	6 / 1
4. Колоквіум	12	12
5. Самостійна робота	4	5
Всього	37	38

Розподіл балів за курсову роботу

Пояснювальна записка (оцінюються результати проектування та їх оформлення)	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
50	10	40	100

Шкала відповідності оцінок та балів

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 та всі учасники освітнього процесу з дисципліни зобов'язані дотримуватися тих морально-етичних норм, які викладені у Кодексі етики ВНТУ, Положення про академічну доброчесність у ВНТУ, Положення 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. Biological and Medical Sensor Technologies CRC Press / Published March 29, 2017, Reference - 412 Pages - 186 B/W Illustrations ISBN 9781138073210 - CAT# K33884
2. Chemical Sensors and Biosensors for Medical and Biological Applications / Wiley-VCH; 1 edition ISBN-10: 3527288554
3. Smart Sensors and Systems / Innovations for Medical, Environmental, and IoT Applications/ Kyung, C.-M., Yasuura, H., Liu, Y., Lin, Y.-L. (Eds.), 2017
4. Huynh, K. T., Gibson, I., Jagdish, B. N., & Lu, W. F. (2015). Development and validation of a discretised multi-body spine model in LifeMOD for biodynamic behaviour simulation. Computer methods in biomechanics and biomedical engineering, 18(2), 175-184.
5. Sensors for Health Monitoring 1st Edition / Nilanjan Dey Jyotismita Chaki Rajesh Kumar / Academic Press/ ISBN: 9780128193617
6. Handbook of Humidity Measurement, Volume 2: Electronic and Electrical Humidity Sensors / CRC Press Published February 5, 2019 Reference - 386 Pages – 378 B/W Illustrations ISBN 9781138300224 - CAT# K35698
7. Smart Biosensor Technology CRC Press Published December 3, 2018 Reference - 577 Pages - 323 B/W Illustrations ISBN 9781498774482 - CAT# K29618
8. Medical Sensor Applications & Solutions / – Access mode :https://www.te.com/usa-en/industries/sensor-solutions/applications/sensor-solutions-formedical-applications.html
9. MEDICAL MONITORING / – Access mode: https://www.te.com/usaen/trends/connected-life-health-tech/medical-sensor-technology-and-applications.html

10. Medical Sensor / Learn more about Medical Sensor – Access mode: sciencedirect.com/topics/materials-science/medical-sensor