

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 612.087.1+57.087.1-047.37

Малицкий
Всеволод Андреевич

Корреляционный анализ
результатов импедансометрических исследований биообъектов

АВТОРЕФЕРАТ
на соискание степени магистра
по специальности 1-39 80 03 «Электронные системы и технологии»

Научный руководитель
Осипов Анатолий Николаевич
канд. техн. наук, доцент

Минск 2024

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Значительное повышение технического уровня развития современных диагностических систем за счет совершенствования аппаратной реализации и технологий производства делает системы клинического мониторинга незаменимыми в повседневной практике.

В настоящее время, в связи с быстрым развитием биомедицинских технологий, возрастает потребность в точных и надежных методах исследования биологических объектов. Одним из таких методов является импедансометрия, которая позволяет изучать электрические свойства биологических тканей и жидкостей.

При этом наряду с прогрессом развития инструментальных средств, весьма существенную роль в настоящее время начинают играть цифровые методы обработки биомедицинской информации, позволяющие повысить достоверность обрабатываемой информации.

В настоящее время для анализа биомедицинских сигналов, в особенности шумоподобных, широко применяется частотно-временное преобразование. Применение для этих целей корреляционных методов является малоизученным. Кроме того, в научной литературе отсутствуют сведения об использовании корреляционной обработки информации методом скользящего окна. В связи с этим исследование вопросов обработки биомедицинских сигналов является актуальной задачей.

Корреляционный представляет собой мощный инструмент для изучения взаимосвязей между различными параметрами, полученными в ходе импедансометрических исследований. Это может помочь лучше понять сложные биофизические процессы, происходящие в биообъектах, и разработать более эффективные методы диагностики и лечения.

Целью данной работы является разработка методики для оценки импедансных характеристик биообъекта основанной на скользящем оконном вычислении корреляционной функции (коррелограммы) и количественного анализа данных вычислений.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами (проектами), темами

Тема диссертационной работы утверждена приказом ректора учреждения образования 2277-С от 03.10.2022.

Диссертационная работа выполнена в организации учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Центре междисциплинарных исследований «Центр плазменного и биомедицинского инжиниринга».

Цель, задачи, объект и предмет исследования

Целью диссертационной работы является разработка корреляционного метода исследования импедансных характеристик биообъектов.

Для достижения поставленной цели потребовалось решить следующие задачи:

– Разработать алгоритм анализа и количественной оценки импедансных характеристик на основе вычисления корреляционной функции методом скользящего окна.

– Разработать программное обеспечение для проведения корреляционного анализа импедансных измерений биообъекта

– Разработать методику для проведения исследований и провести апробацию разработанного программного обеспечения

Объектом исследования в диссертационной работе является биообъект.

Предметом исследования являются корреляционные функции импедансных характеристик биообъектов.

Научная новизна

Научная значимость работы заключается в разработке методики исследования импедансных характеристик биообъектов, основанной на скользящем оконном вычислении корреляционной функции, при воздействии синусоидально-модулированных токов и холодной атмосферной плазмы.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования разработанных компьютерных программ корреляционного анализа для оценки изменения импедансных характеристик биообъектов.

Положения, выносимые на защиту

1. Алгоритм обработки импедансных исследований на основе вычисления корреляционной функции методом скользящего окна.
2. Программное обеспечение вычисления коррелограмм и количественных оценок для анализа импедансометрических характеристик.

Личный вклад соискателя ученой степени

Все основные результаты, изложенные в диссертационной работе, получены автором самостоятельно. Определение цели и задач исследований, интерпретация и обобщение научных результатов проводились совместно с научным руководителем кандидатом технических наук, доцентом А.Н. Осиповым. Основными соавторами опубликованных работ являются кандидат технических наук, доцент М.В. Осипов, аспирант В.А. Рокач. В.А. Рокач принимал участие в разработке стенда для проведения импедансных исследований при воздействии на объект холодной плазмой и воздействии синусоидально-модулированными токами.

Апробация результатов диссертации

Результаты исследований апробированы на научно-практических конференциях: 59-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов УО БГУИР (апрель, 2023., Минск, БГУИР); 60-я юбилейная научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов УО БГУИР (апрель, 2024., Минск, БГУИР), XIII Международная научно-техническая конференция «Медэлектроника–2022. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии», Десятая Международная научно-практическая конференция «BIG DATA and Advanced Analytics. BIG DATA и анализ высокого уровня», Минск, Республика Беларусь, 13 марта 2024 года

Опубликованность результатов диссертации

По результатам выполненных исследований опубликовано 4 научные работ. Из них 4 в сборниках статей и материалов конференций.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырёх глав с краткими выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка.

Общий объем диссертации составляет 64 страницы, 60 иллюстраций, список использованных источников из 25 наименований и 4 собственные публикации автора.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В последнее время широкое распространение получили методы исследований биоимпедансных характеристик биообъектов

Следует отметить, что не полностью изучены механизмы воздействия плазмы на биологические объекты. Широкое применение плазменных технологий сдерживается отсутствием простых методов диагностики состояния самой плазмы и, соответственно, контроля ее взаимодействия с объектами. Поэтому контроль воздействия атмосферной плазмы на биообъект является актуальной темой для данной работы.

В первой главе проведен обзор особенностей исследования биообъектов, основных методов и современных программно-аппаратных комплексов для проведения данных исследований

Вторая глава посвящается разработке метода исследования импедансометрических характеристик на основе вычисления корреляционной функции при помощи скользящего окна.

В третьей главе описан поэтапный процесс исследования импедансных характеристик. Для каждого этапа разработан алгоритм расчета и программные модули по этим алгоритмам. Представлены коды программ и сделаны необходимые пояснения по их работе. Также представлены некоторые встроенные функции MatLab, используемые в процессе исследований и разработки.

В четвёртой главе проведена апробация разработанных в главе 3 программных модулей. Представлены графики корреляционных функций в виде коррелограмм и выполнена их оценка.

Разработан стенд для проведения исследований с использованием технологии холодной атмосферной плазмы. Приведена его структурная схема и объяснён принцип работы стенда

Разработана методика проведения исследования, включающая расчет мгновенных значений импеданса, расчёта коэффициентов корреляции на основе оконного вычисления функции (коррелограммы) и расчёт средних значений импеданса, для количественной оценки. Для каждого этапа приведены соответствующие формулы.

Разработаны алгоритмы расчёта импеданса, коэффициентов корреляции и средних значений. По каждому алгоритму был разработан свой программный модуль и подробно описан код программ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом в диссертационной работе проведен обзор особенностей импедансометрических исследований биообъектов, выполнен анализ различных методов и технических средств для проведения и обработки результатов импедансометрических измерений.

Разработан стенд для проведения импедансных исследований при воздействии на объект холодной плазмы и воздействие синусоидально-модулированных токов.

Разработана методика проведения исследования, включающая расчет мгновенных значений импеданса, расчёта коэффициентов корреляции на основе оконного вычисления функции (коррелограммы) и расчёт средних значений импеданса, для количественной оценки.

Разработаны алгоритмы и компьютерные программы расчёта импеданса биоткани. Построены коррелограммы и вычислены количественные оценки.

В результате апробации разработанных программных модулей на исследуемых сигналах было установлено, что значительную роль играет выбор размера окна. Процент перекрытия же влияет на плавность корреляционной картины. По графику средних значений можно судить о величине импеданса биоткани.

Результаты исследования могут быть использованы при анализе биомедицинских сигналов.

Проведена экспертиза диссертации на корректность использования заимствованных материалов с применением сетевого ресурса «Антиплагиат» (адрес доступа: <https://antiplagiat.ru>). В результате проверки установлена корректность использования заимствованных материалов (оригинальность диссертационной работы составляет 63%).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

1-А. Малицкий, В. А. Программный модуль оценки взаимодействия атмосферной плазмы с поверхностью биообъекта на основе коррелограммы / Малицкий В. А. // Электронные системы и технологии : сборник материалов 59-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 17–21 апреля 2023 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2023. – С. 469–470.

2-А. Контроль взаимодействия низкотемпературной плазмы атмосферного давления с поверхностью биообъектов / А. Н. Осипов [и др.] // Медэлектроника–2022. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии: сборник научных статей XIII Международной научно-технической конференции, Минск, 8-9 декабря 2022 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; отв. за вып.: М. В. Давыдов. – Минск: БГУИР, 2022. – С. 66–68.

3-А. Программный модуль обработки шумоподобных биомедицинских сигналов на основе коррелограммы / В. А. Малицкий [и др.] // BIG DATA и анализ высокого уровня = BIG DATA and Advanced Analytics : сборник научных статей X Международной научно-практической конференции, Минск, 13 марта 2024 г. : в 2 ч. Ч. 2 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2024. – С. 457–459.

4-А. Малицкий, В. А. Программный модуль обработки шумоподобных биомедицинских сигналов на основе коррелограммы = A software module for processing noise-like biomedical signals based on a correlogram / Малицкий В. А. // Электронные системы и технологии : сборник материалов 60-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 22–26 апреля 2024 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2024 (в печати).