

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

УДК 621.317.7.023

Гавриченко
Артур Андреевич

**ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗЛУЧЕНИЯ ТКАНЕЙ ЧЕЛОВЕКА
В РАДИОЧАСТОТНОМ ДИАПАЗОНЕ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-38 80 03– Приборы, системы и изделия медицинского
назначения

Научный руководитель
М.В. Давыдов, кандидат
технических наук, доцент

Минск 2019

ВВЕДЕНИЕ

Уже сегодня СВЧ-волны успешно применяются в различных сферах деятельности человека, например для неразрушающего контроля и исследовании диэлектрических свойств материалов и объектов, включая изучение конкретных и композитных материалов, исследования пористости в полимерах, измерения влажности почвы и многое другое. Так же методы электромагнитного исследования применяются к биологической ткани. Обнаруженная разница в диэлектрических свойствах здоровой ткани и злокачественной опухолевой ткани дали основания на применение СВЧ-волн медицинской диагностики.

В частности, потенциальное применение микроволнового скрининга-обнаружение ранней стадии злокачественных опухолей в молочной железе человека. Помимо груди, есть и другие места возникновения рака, такие как кожа и мозг, на которые тоже нацелены исследования в сфере микроволновой диагностики. Существует некоторые сложности при применении микроволн, например вариативные свойства биологической ткани и структура человеческого организма, поэтому микроволновые системы диагностики еще не распространены в клинической практике. Микроволны в биологической ткани подвергаются комплексному рассеиванию и высокой абсорбции; уровень сигнала снижается до долей начальной мощности после пройденного им расстояния в несколько длин волн.

Как следствие, применяя микроволны нужно выбирать между глубиной проникновения и разрешением. Обычно область, предназначенная для микроволновой диагностики, сравнительно небольшая по размеру и легкодоступна извне. Высокое поглощение и комплексное рассеяние микроволн в ткани не позволяет сканировать большие участки человеческого тела, например как это возможно при рентгеновской диагностике. Кроме того, ткань человеческого тела неоднородна и может структурно различаться от человека к человеку, что делает симуляцию и реконструкцию изображения очень сложными и требовательными к вычислениям.

Однако современные достижения в вычислительной технике и достижения в улучшении производительности микроволновых компонентов и приборов частично решают некоторые проблемы, с которыми сталкиваются системы диагностики. Интенсивная работа исследователей и инженеров в это сфере привела к созданию передовых систем диагностики и визуализации рака, которые имеют потенциал для использования в клиниках будущего.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Представлена работа на тему "Измерительно-вычислительный комплекс для изучения энергетических характеристик излучения тканей человека в радиочастотном диапазоне". Целью данной работы является написание методики проведения измерений разрабатываемого измерительно-вычислительного комплекса.

Задачами данной работы являются:

- 1 Изучить существующие технические решения измерения энергетических характеристик, определить особенности их использования.
- 2 Изучить методики проведения исследований.
- 3 Разработка ИВК.
- 4 Провести исследование радиочастотных характеристик человека.
5. Изучить существующие методы скрининговой диагностики состояния тканей человека.

Кратко изложен материал о диэлектрических свойствах различных типов биологических тканей и различия в диэлектрической проницаемости между здоровыми и злокачественными опухолевыми тканями. Затем обсуждаются общие важные аспекты микроволновой диагностики рака, после чего следует описание распространенных методов и их подробное объяснение. После этого обсуждаются другие области применения, и место современных микроволновых диагностических систем в этих областях.

Описан разработанный измерительно-вычислительный комплекс, принцип его работы, программное обеспечение. Разработаны методики выполнения измерений, последовательности обработки.

БАЗОВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, даётся краткая характеристика её разработанности, определяются объект и предмет исследования, цель и задачи.

Первая глава «Диэлектрические свойства биологических тканей в микроволновом диапазоне» носит теоретический характер. В ней приводится общепринятая математическая модель описывающая зависимость диэлектрической проницаемости от частоты. Далее приводятся различия в комплексной диэлектрической проницаемости злокачественной опухоли и здоровой ткани с указанием научных источников. Завершается глава описанием основных положений о микроволновых системах диагностики рака.

Показаны обобщенная структурная схема и типовая функциональная схема приемно-передающей активной фазированной антенной решетки.

Указаны высокочастотные методы диагностики и определения параметров фазированных антенных решеток и способы их классификации.

Во второй главе «Распространенные техники микроволновой диагностики рака» представлены основные методы и техники диагностики рака с указанием научных источников, такие как квазиоптическая система, микроволновый рифлектометр ближнего поля, микроволновая томография, сверхширокополосный радиорадар. Далее представлены пассивные и гибридные методы диагностики рака.

В третьей главе «Технические требования к измерительно-вычислительному комплексу» представлено полное описание разработанного измерительно-вычислительного комплекса. Представлены требования и технические характеристики используемых инструментов. Далее описывается структурная схема, представленная на рисунке 1. После чего описывается управляющее программное обеспечение.

В третьей главе «Метрологическое обеспечение измерительного стенда» представлена разработанная методика выполнения измерений амплитудного распределения поля для разработанной измерительной установки. Приведена модель измерения и выделены источники погрешности установки. Составлен бюджет неопределенности и представлен полный результат измерений.

В четвертой главе «Исследование радиочастотных характеристик тканей человека» описана разработанная методика выполнения измерений амплитудного распределения отраженного сигнала. Приведена модель

измерения и выделены источники погрешности установки. В конце главы приведен протокол измерения, представлены полученные результаты.

В пятой главе «Методы скрининговой диагностики состояния тканей человека» приводятся реализованные прототипы систем микроволновой скрининговой диагностики рака груди и рака кожи. В конце главы приводятся и другие потенциальные области применения микроволнового скрининга.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сегодня микроволны применяются в медицине и биологии. Многие из применений основаны на определении характеристики взаимодействия электромагнитных волн и биологических материалов. В качестве такой характеристики часто используют диэлектрическую проницаемость этих материалов. Комплексная диэлектрическая проницаемость биологических веществ является дисперсионной и часто моделируется моделями Дебая или Коул-Коул, как описано в работе. Из-за потерь и дисперсионной природы параметров биологических материалов, существует множество способов для измерения диэлектрической проницаемости, некоторые из которых обсуждаются в этой работе. Таким образом, понимание дисперсии диэлектрической проницаемости тканей и вопросы, связанные с взаимодействием с тканью через зонды, обсуждаемые в этой работе, должны обеспечить полезную перспективу во многих медицинских и биологических применениях.

В рамках данной работы был разработан измерительно-вычислительный комплекс и методика проведения измерений амплитудного распределения отраженного сигнала. Основные результаты, полученные при выполнении магистерской работы можно сформулировать следующим образом:

- проведен обзор методов измерения амплитудного распределения, рассмотрены их достоинства и недостатки;

- создано программное обеспечение для управления измерительным стендом. Благодаря используемому ПО обеспечивается полная автоматизация измерений и максимально упрощен процесс проведения измерений;

- разработана методика проведения измерений, проведена обработка экспериментальных исследований при опробовании методики выполнения измерений.

Предполагается, что низкая цена по сравнению с аналогами и простота в использовании при высоких технических и соответствующих метрологических параметрах, потенциал дальнейших исследований, а так же возможность гибкого расширения функционала измерительного стенда позволит разработанному средству измерений найти широкое применение.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

– Измерительно-вычислительный комплекс для контроля параметров антенн в ближней зоне X-диапазона / Ю. С. Алькевич и др. // Материалы седьмого белорусского космического конгресса. – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, Т. 1.– 2017. – С. 216 - 219.

– Ревин, В. Т. Компьютерно-измерительная система для измерения параметров АФАР / В. Т. Ревин, Н. М. Наумович, А. А. Гавриченко // Технические средства защиты информации : тезисы докладов XV Белорусско-российской науч.-техн. конф. (Минск, 6 июня 2017 г.). – Минск : БГУИР, 2017. – С. 33 - 34.

– Гавриченко, А. А. Методы измерения диэлектрических характеристик биологических тканей / А. А. Гавриченко // Компьютерное проектирование и технология производства электронных систем: сборник тезисов 54 научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 23–27 апреля 2018 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; отв. ред. Раднёнок А. Л. – Минск, 2018. – С. 131 - 132.