

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

УДК 57.089.2

Рокач
Валерий Александрович

Устройство контроля воздействия атмосферной плазмы на биообъекты
на основе измерения её частотных характеристик

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

Научный руководитель
к.т.н., доцент
Осипов Анатолий Николаевич

Минск 2023

ВВЕДЕНИЕ

Инновационный этап развития общества характеризуется быстрым внедрением в реальную экономику новых перспективных технологий, одной из которых является технология, основанная на применении низкотемпературной атмосферной плазмы. Постоянно расширяется спектр применений холодной плазмы, в том числе в здравоохранении.

Технологии обработки в плазме атмосферного разряда характеризуются рядом преимуществ, такими как отсутствие громоздких и энергоемких систем создания и поддержания вакуума, возможность обработки различных веществ и материалов, оперативность и универсальность применения, невысокой ценой в сравнении с вакуумно-плазменным оборудованием.

Плазменная медицина является одной из инновационных и новых областей, объединяющих физику плазмы и науку о жизни. В здравоохранении атмосферная плазма применяется для дезинфекции, улучшения характеристик материалов изделий медицинской техники, их адгезии, гидрофильности, механических свойств.

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 актуальной темой является разработка устройств контроля воздействия плазмы на биообъект.

Целью диссертационной работы является разработка устройства контроля воздействия атмосферной низкотемпературной плазмы на биообъекты.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель исследования: разработка устройства контроля воздействия атмосферной низкотемпературной плазмы на биообъекты.

Задачи исследования:

1. Разработать устройство контроля мгновенных значений тока и напряжения сигналов, подаваемых на разрядную систему генератора плазмы.

2. Разработать методику и алгоритм контроля воздействия атмосферной плазмы на биообъект на основе частотных характеристик выходного каскада генератора.

3. Разработать макет устройства контроля воздействия атмосферной плазмы на биообъекты и провести его апробацию.

Объект исследования: атмосферная плазма.

Предметом исследования установка для генерирования атмосферной плазмы.

Автор разработал электрическую схему устройства измерения мгновенных значений параметров сигналов, подаваемых на разрядную систему генератора плазмы, разработал методику и алгоритм контроля воздействия атмосферной плазмы на биообъекты на основе анализа частотных характеристик выходного контура генератора, разработал экспериментальный макет устройства и провел апробацию. Определение целей и задач исследований, интерпретация и обобщение научных результатов проводилось совместно с научным руководителем: кандидатом технических наук, доцентом кафедры ЭТТ УО «БГУИР» Осиповым А.Н.

Апробация результатов диссертации

Результаты исследования были представлены на II-й международной научно-технической конференции «ОПТО-, МИКРО- И СВЧ-ЭЛЕКТРОНИКА – 2022» (21-23 сентября 2022 года); на XIII-й международной научно-технической конференции «МЕДЭЛЕКТРОНИКА–2022. СРЕДСТВА МЕДИЦИНСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И НОВЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ» (8-9 декабря 2022 года); на 59-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (апрель 2023 г., г.Минск, БГУИР) . По материалам диссертации опубликовано 4 статьи, 1 статья в журнале, включенном в перечень ВАК.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из общего введения, трех глав, заключения, библиографического списка.

В первой главе проведен обзор областей применения плазмы, способов генерации холодной атмосферной плазмы, её значение в медицине на сегодняшний день, а также методов исследования плазмы.

Вторая глава посвящается разработке исследовательского стенда контроля воздействия плазмы на биообъект.

В третьей главе представлены результаты исследования. Изложены методика оценки воздействия плазмы на биообъект на основе анализа частотных характеристик сигнала, подаваемых на разрядную систему, алгоритм обработки сигналов, а также приведены результаты апробации значений исследования.

Общий объем диссертации составляет 50 страниц, 25 иллюстрации, 35 наименований в библиографическом списке.

Научная значимость

Научная значимость работы заключается в установлении зависимости изменения параметров электрических сигналов, генерирующих плазму, от структуры поверхности биообъекта, обрабатываемой низкотемпературной атмосферной плазмой.

Практическая значимость

Практическая значимость работы заключается в возможности использования результатов исследования для проектирования медицинских приборов контроля взаимодействия атмосферной плазмы с биообъектами.

Научная новизна

Научная новизна заключается в исследовании изменений частотных и энергетических параметров сигналов, подаваемых на электроды разрядной системы генератора низкотемпературной плазмы при воздействии на различные биообъекты.

Положения, выносимые на защиту

1. Выявлена взаимосвязь между изменениями параметров электрических сигналов, генерирующих плазму, и структурой поверхности биообъектов, обработанных низкотемпературной плазмой.

2. Методика контроля воздействия низкотемпературной атмосферной плазмы на биообъекты на основе анализа частотных и энергетических характеристик сигналов, подаваемых на разрядную систему генератора плазмы.

3. Методика применения фотометрического измерения тока в высоковольтной цепи на основе оптопары.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В последнее время использование низкотемпературной атмосферной плазмы диэлектрического барьерного разряда показало значительный потенциал для различных применений.

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 был проведен обзор областей применения плазмы, способов генерации холодной атмосферной плазмы, её значение в медицине на сегодняшний день, а также методов исследования плазмы.

Во второй главе была разработана исследовательская установка контроля воздействия плазмы на биообъект. Разработано устройство генерации низкотемпературной атмосферной плазмы диэлектрического барьерного разряда, устройство диагностики плазмы диэлектрического барьерного разряда.

В третьей главе представлены результаты исследования. Изложены методика оценки воздействия плазмы на биообъект на основе анализа частотных характеристик сигнала, подаваемых на разрядную систему, а также методика оценки воздействия плазмы на биообъект на основе анализа энергетических характеристик генератора. Приведен алгоритм обработки фазочастотных характеристик, а также результаты апробации значений исследования.

Разработана электрическая схема устройства контроля воздействия атмосферной плазмы на биообъекты. В основе лежит измерение мгновенных значений сигналов, подаваемых на разрядную систему.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведен анализ методов контроля воздействия устройств электромагнитного излучения на биообъекты. Установлено, что для низкотемпературной атмосферной плазмы отсутствуют технические средства позволяющие контролировать мгновенные значения напряжения и тока в высоковольтной цепи.

В результате предварительной обработки данных установлено, что характеристики активной и реактивной мощности существенно изменяются при воздействии плазмой, генерируемой сигналом широтно-импульсной модуляции с $D=12,5\%$ на различные биообъекты. Это различие составляет 71%.

В результате выполнения исследований получены следующие результаты.

Разработана электрическая схема устройства измерения мгновенных значений сигналов, подаваемых на разрядную систему.

Разработаны методика и алгоритм контроля воздействия атмосферной плазмы на биообъекты на основе анализа частотных характеристик выходного контура генератора.

Разработан исследовательский стенд и проведена его апробация.

Установлено, что разработанное устройство и методика анализа параметров сигнала, подаваемых на электроды разрядной системы, могут быть использованы для контроля воздействия низкотемпературной атмосферной плазмы на биообъект.

Проведена экспертиза диссертации на корректность использования заимствованных материалов с применением сетевого ресурса «Антиплагиат» (адрес доступа: <https://antiplagiat.ru>) в on-line режиме. В результате проверки установлена корректность использования заимствованных материалов (оригинальность диссертационной работы составляет 83%).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

1-А. Осипов, А. Н. Энергоэффективное устройство генерации низкотемпературной плазмы диэлектрического барьерного разряда при атмосферном давлении / А. Н. Осипов, Е. Н. Каленкович, В. А. Рокач / Научно-практический журнал: Новости науки и технологий, №2 (61) 2022 г. – Минск, 2022 – С. 27–33

2-А. Osipov, A.N. EInteraction control of low-temperature atmospheric pressure plasma with the surface of processed objects / A.N. Osipov, N. Kalenkovich, V.A. Rokach / II международная научно-техническая конференция «ОПТО-, МИКРО-СВЧ- ЭЛЕКТРОНИКА-2022» 21-23 сентября 2022 года, г.Минск, 2022 г. – Минск, 2022 – С. 72

3-А. Каленкович, Е.Н. Энергоэффективная генерация низкотемпературной плазмы диэлектрического барьерного разряда при атмосферном давлении/ Е.Н. Каленкович, А.Н. Осипов, В.А. Рокач / Сборник тезисов II международной научно-технической конференции «ОПТО-, МИКРО- И СВЧ-ЭЛЕКТРОНИКА–2022» 21-23 сентября 2022 года, г.Минск, 2022 г. – С. 36

4-А. Осипов, А.Н. Контроль взаимодействия низкотемпературной плазмы атмосферного давления с поверхностью биообъектов / А. Н. Осипов [и др.] / Сборник научных статей XIII международной научно-технической конференции «МЕДЭЛЕКТРОНИКА–2022. СРЕДСТВА МЕДИЦИНСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И НОВЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ» 8-9 декабря 2022 года, г. Минск, 2022 г. – С. 66

5-А Рокач, В.А. Особенности применения сигналов с ШИМ в генераторах низкотемпературной атмосферной плазмы/ А.Н. Осипов, В.А. Рокач // Электронные системы и технологии [Электронный ресурс] : сборник материалов 59-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 17-23 апреля 2023 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.], – Минск, 2023 г. (в печати).