

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕНЕРАТОРА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ АТМОСФЕРНОЙ ПЛАЗМЫ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С БИООБЪЕКТАМИ

*Ма Тяньбао, Верига М.Е.*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: Осипов А.Н. – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры ЭТТ*

**Аннотация.** Представлен программный модуль для оценки выходной мощности генератора низкотемпературной атмосферной плазмы при взаимодействии плазмы с биообъектами. Установлено, что взаимодействие низкотемпературной атмосферной плазмы с биообъектами может быть оценено на основании анализа изменений выходной мощности генератора плазмы.

**Ключевые слова:** низкотемпературная атмосферная плазма, взаимодействие с биообъектами, программный модуль, оценка активной, реактивной и полной мощности.

**Введение.** В настоящее время низкотемпературная атмосферная плазма получила широкое распространение в здравоохранении: в стоматологии, онкологии, косметологии, как средство дезинфекции и реабилитации [1-5]. Вместе с тем, при взаимодействии плазмы с биообъектом изменяются характеристики сигналов, подаваемых на разрядную систему генератора. В связи с этим в данном докладе рассматривается вопрос исследования энергетических характеристик генератора низкотемпературной атмосферной плазмы при взаимодействии с биообъектами.

**Основная часть.** Исследования проводились на макетном комплексе, который состоял из генератора сигнала, разрядной системы с электродами, цифрового осциллографа, измерителей тока и напряжения, биообъектов. В качестве биообъектов были использованы образцы человеческой плазмы.

В процессе измерений на электроды разрядной системы поступал сигнал, который возбуждал плазму. С помощью высоковольтного щупа контролировалось напряжение на электродах. Значение мгновенного тока в выходной цепи регистрировалось посредством датчика тока. При взаимодействии плазмы с биообъектом значения тока и напряжения изменялись, то есть изменялись энергетические характеристики генератора плазмы.

Для оценки выходной мощности генератора низкотемпературной атмосферной плазмы (НАП) авторами разработан программный модуль.

Анализ изменения мощности осуществляется следующим образом. С цифрового выхода осциллографа считывают файл формата .xls, где записаны измеренные в результате опыта значения мгновенного тока и напряжения. Мгновенная мощность вычисляется посредством поэлементного перемножения сигналов тока и напряжения. Далее в полученном сигнале вычисляются координаты экстремумов, фильтруются шумы и ложные экстремумы (точки, по высоте меньшие, но сопоставимые с экстремумами и находящиеся рядом с экстремумами). Сигналы между экстремумами являются окнами наблюдения. Затем вычисляются в соответствии с [6] активная  $P$ , реактивная  $Q$  и полная  $S$  мощности непосредственно для каждого окна наблюдения  $N_i$ .

В ходе вычислений в окне программы изображаются графики мгновенной мощности и график изменения значений активной, реактивной и полной мощностей для каждого окна наблюдения. Программа позволяет сохранить полученные графики в формате .jpg и .png (как изображения), а также сохранить данные обработки исходных сигналов в формате .csv для дальнейшей работы с ними.

Проведена апробация данного программного модуля при воздействии НАП на биообъ-

екты (образцы человеческой плазмы).

На рисунке 1 представлена зависимость изменения мгновенной мощности  $P_i$  от времени  $T$ . Мощность рассчитана в условных единицах. На рисунке 2 представлена зависимость изменения активной  $P$ , реактивной  $Q$  и полной  $S$  мощностей в окнах наблюдения  $N_i$  без взаимодействия с биообъектом.

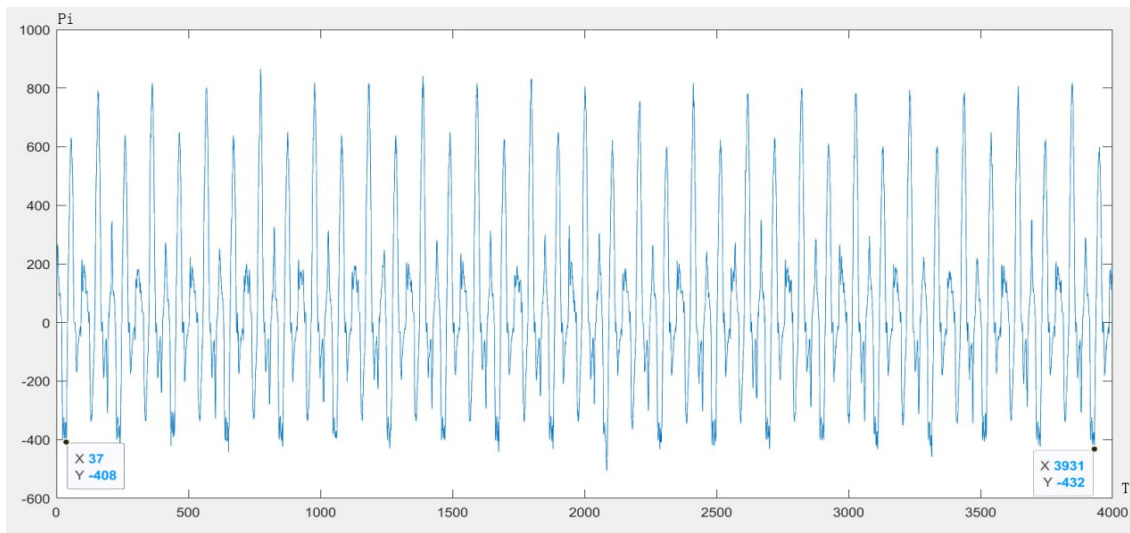


Рисунок 1 – Зависимость изменения мгновенной мощности  $P_i$  от времени  $T$  без взаимодействия с биообъектом.

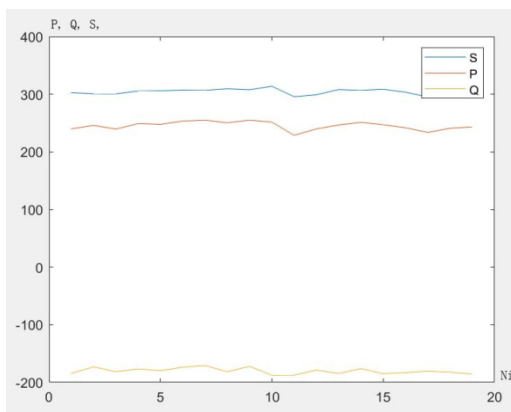


Рисунок 2 – Изменение активной  $P$ , реактивной  $Q$  и полной  $S$  мощностей в окнах наблюдения  $N_i$  без взаимодействия с биообъектом.

Как следует из рисунка 1, при возбуждении плазмы на частоте 24.4 кГц мгновенная мощность изменяется пропорционально частоте сигнала возбуждения. Мощности, рассчитанные в окнах наблюдения, остаются малоизменными.

На рисунке 3 представлена зависимость изменения активной, реактивной и полной мощностей в окнах наблюдения  $N_i$  при взаимодействии с биообъектом. Как следует из анализа зависимостей, при взаимодействии с биообъектом происходит существенное перераспределение мощности. Значение активной мощности возросло в 1,6 раза, значение реактивной мощности изменилось в 1,8 раза.

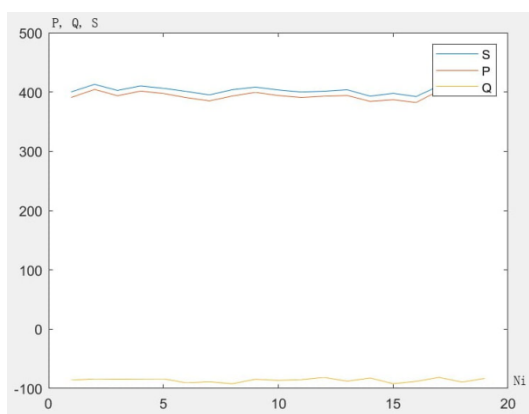


Рисунок 3 – Изменение активной P, реактивной Q и полной S мощностей в окнах наблюдения Ni при взаимодействии с биообъектом.

**Заключение.** Таким образом, разработан программный модуль для оценки выходной мощности генератора НАП при взаимодействии низкотемпературной атмосферной плазмы с биообъектами. Данный программный модуль позволяет вычислять активную, реактивную и полную мощности. Проведена апробация модуля. Рассчитаны изменения мощностей при взаимодействии с биообъектом (образцом человеческой плазмы). Установлено, что взаимодействие НАП с биообъектами может быть оценено на основании анализа изменений выходной мощности генератора низкотемпературной атмосферной плазмы.

### Список литературы

1. Возможности применения холодной атмосферной плазмы в онкологии (обзор литературы)/ Короткий В.Н.. – Сибирский онкологический журнал, 2018. – Vol. 1, N 17. – Pp. 72-81
2. Низкотемпературная плазма -перспективный метод реабилитации / Герасименко М. Ю., Зайцева Т.Н., Евстигнеева И.С // Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. - 2019. - Vol. 1, N 3
3. Низкотемпературная атмосферная плазма в коррекции возрастных изменений кожи лица / Шемиук М.И., Короткий В.Н., Серов Д.Н., Кочетков М.А., Стенько А.Г., Короткий Н.Г // Вестник РГМУ. - 2018 - . Vol. 1, N 2.
4. Cold Atmospheric Plasma: methods of production and application in dentistry and oncology / Clotilde Hoffmann, Carlos Berganza, John Zhang// Medical Gas Research. – 2013. – Vol. 1, N 21.
5. Технология дезинфекции холодной плазмой – Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://iplasma.ru/plasma-technology/> Дата доступа: 17.03.2023.
6. Теория электрических цепей / Батюков С.В., Иванцкая Н.А., Шилин Л.Ю. // БГУИР, Минск. – 2012. – P. 37

UDC 537.523

## RESEARCH OF THE ENERGY CHARACTERISTICS OF A LOW-TEMPERATURE ATMOSPHERIC PLASMA GENERATOR IN INTERACTION WITH BIOOBJECTS

Ma Tyanbao, Veriga M.E.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Osipov A.N. – PhD, associate professor, associate professor of the Department of ETT

**Annotation.** A software module for estimation of output power of the LTAP generator during interaction of low-temperature atmospheric plasma with bio-objects is presented. It is found that the interaction of LTAP with bio-objects can be evaluated based on the analysis of changes in the output power of the generator of low-temperature atmospheric plasma.

**Keywords:** low-temperature atmospheric plasma, interaction with bio-objects, software module, estimation of active, reactive and apparent power.