

УДК 533.9.072

ПРИМЕНЕНИЕ СИНУСОИДАЛЬНО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ АТМОСФЕРНОЙ ПЛАЗМЫ

У. А. АСКАЛЬДОВИЧ¹, А.Н. ОСИПОВ¹, В.А. РОКАЧ¹, Т. МА¹, А.В. АКСЮЧИЦ¹,
В.В. БОЖЕНКОВ¹, И.О. ХАЗАНОВСКИЙ²

¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь

²ООО «Горнэлектроникс», г. Минск, Беларусь

Аннотация. Представлены результаты исследования возбуждения холодной атмосферной плазмы синусоидально-модулированными сигналами. Изложены вопросы энергопотребления генератора плазмы при изменении глубины модуляции, несущей и модулирующей частоты СМТ сигнала.

Ключевые слова: низкотемпературная атмосферная плазма, генератор, синусоидально-модулированные сигналы.

APPLICATION OF SINUSOIDAL MODULATED SIGNALS FOR GENERATION OF COLD ATMOSPHERIC PLASMA

U.A. ASKALDOVICH¹, A.N. OSIPOV¹, V.A. ROKACH¹, T. MA¹, A. V. AKSUCHITS¹,
V.V. BOZHENKOV¹, I.O. HAZANOVSKIY²

¹Belarusian State University of Information and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

²LLC "Hornelectronics", Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The results of investigation of excitation of cold atmospheric plasma by sinusoidally modulated signals are presented. The issues of power consumption of the plasma generator at changing the modulation depth, carrier and modulating frequency of the CMT signal are described.

Keywords: cold atmospheric plasma, generartor, sinusoidally modulated signals.

Введение

Разработка новых подходов к возбуждению и генерации плазменных разрядов мотивирована уникальными потребностями все большего количества областей применения, охватываемых плазменной технологией: микроэлектронику, оптику, химическую промышленность, сельское хозяйство и др. [1]. Продолжающееся расширение плазменных приложений, включая междисциплинарные области исследований, требует разработки новых и уникальных подходов к генерации плазмы, что является особенно актуальным для здравоохранения. На биологический объект (клетку) помещенный в плазму оказывают комбинированное воздействие ряд основных факторов: активные формы кислорода и азота, нагрев энергией инфракрасных лучей, электромагнитное поле радиочастотного диапазона, ультрафиолетовое излучение, электроны плазмы, ионы, образующие электрический ток[2]. Электрический ток плазмы на пациента в значительной степени соответствует сигналу, возбуждающую плазму. На практике для возбуждения применяются синусоидальные сигналы и сигналы с широтно-импульсной модуляцией[3,4]. Вместе с тем, в здравоохранении нашло широкое применение электролечение посредством синусоидально-модулированных токов (СМТ). В связи с этим в данном докладе рассматриваются вопросы генерации атмосферной плазмы, возбуждаемой синусоидально-модулированными сигналами.

Методика проведения эксперимента

При генерации низкотемпературной атмосферной плазмы синусоидально-модулированными сигналами возможно совмещение терапевтического воздействия холодной плазмы с эффектом амплипульстерапии. В проведенных исследованиях осуществлена оценка изменения формы тока и мощности, генерируемой устройством на основе регистрируемых напряжений и токов, возбуждающих плазму. Структурная схема исследовательского стенда приведена на рис.1

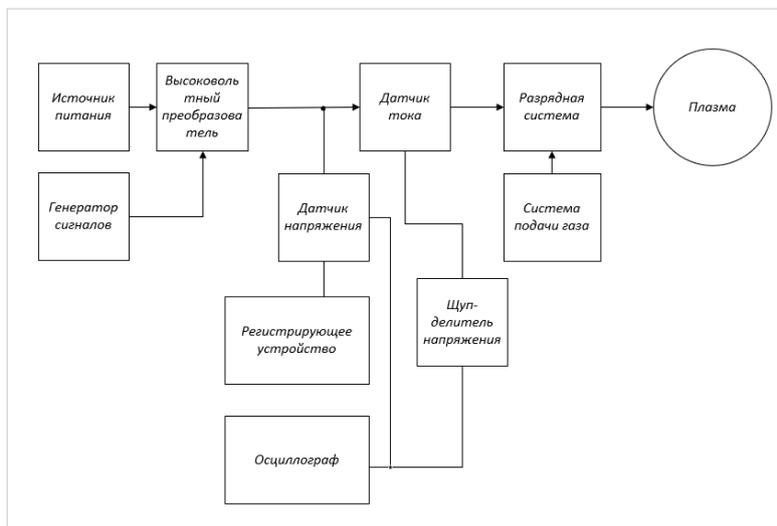


Рис. 1. Структурная схема исследовательского стенда

В состав стенда входят следующие блоки: источник питания постоянного напряжения, высоковольтный преобразователь, генератор сигналов, разрядная система, система подачи газа, датчик тока и напряжения регистратор параметров напряжения и тока, осциллограф. В процессе проведения исследований для формирования плазмы использованы синусоидально-модулированные сигналы. Диапазон изменения параметров СМТ: несущая частота – 1-50 кГц с шагом 100 Гц, модулирующая частота – 20-1000 Гц. Формирование плазмы осуществляется в разрядной системе коаксиального типа, через которую пропускается газ и на выходе формируется плазменный факел. В качестве плазмообразующего газа используется аргон (^{18}Ar). Регулировка количества поступающего газа в разрядную систему осуществляется при помощи регулятора расхода газа системы подачи газа. Регистрация параметров производилась с помощью осциллографа.

Результаты и их обсуждение

На рисунке 2 представлены диаграммы напряжения и тока при использовании модулирующей частоты 1 кГц и 70 Гц. Изменение модулирующей частоты приводит к существенному изменению формы тока, а соответственно и изменению свойств самой плазмы.

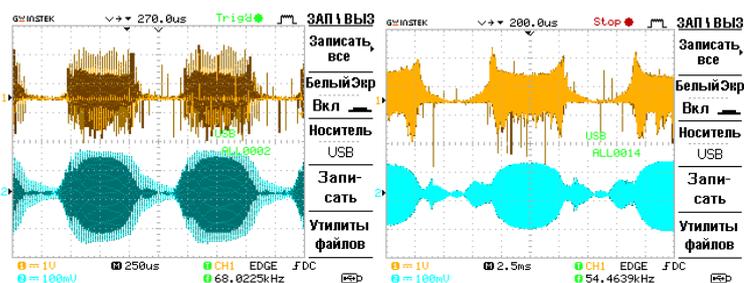


Рис. 2. Диаграммы напряжения и тока при использовании модулирующей частоты 1 кГц и 70 Гц

Потребляемая мощность при изменении частоты модуляции в диапазоне 20Гц-1кГц не изменяется. Однако уменьшение глубины модуляции от 100% до 20%. приводит к увеличению энергопотребления на 50%. Зависимости потребляемой мощности от изменения глубины модуляции для различных значений несущей частоты и изменения кратности резонансной частоты представлены на рисунке 3.

Таким образом, процессы возбуждения плазмы в случае применения СМТ сигналов носят более сложный характер в сравнении с ШИМ сигналами. Это окажет существенное влияние на лечебные параметры плазмы и требует дополнительных исследований.

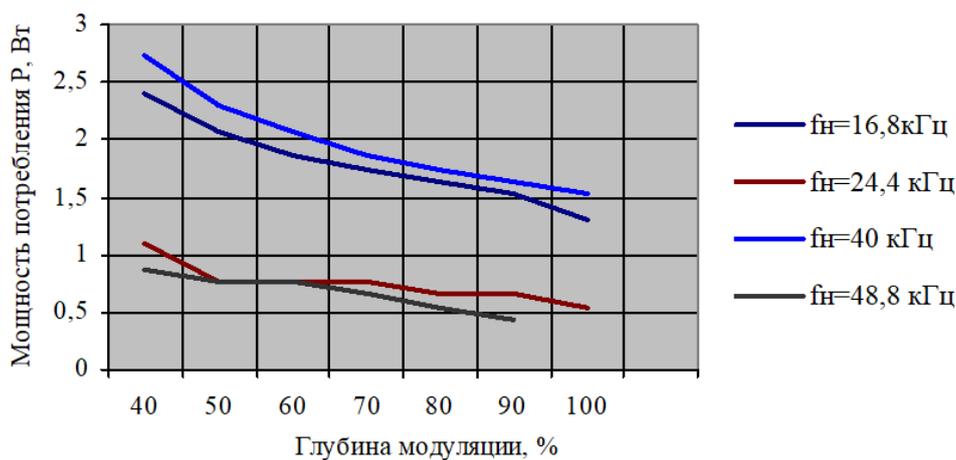


Рис. 3. Зависимость энергопотребления устройства генерации плазмы от глубины модуляции СМТ-сигнала

Заключение

Проведены исследования возбуждения холодной атмосферной плазмы синусоидально-модулированными сигналами. Энергопотребление генератора плазмы увеличивается при увеличении глубины модуляции и остается неизменным при изменении значений несущей частоты СМТ сигнала. Изменение модулирующей частоты СМТ приводило к существенному изменению формы тока в выходной цепи. Результаты работы могут быть использованы при проектировании генераторов атмосферной холодной плазмы медицинского назначения.

Список литературы

1. I Adamovich¹, S Agarwal², E Ahedo³, L L Alves⁴, S Baalrud⁵, N Babaeva⁶, A Bogaerts⁷, A Bourdon⁸, P J Bruggeman^{4,9}, C Canal The 2022 Plasma Roadmap: low temperature plasma science and technology // Journal of Physics D: Applied Physics. – 2022
2. Ю.В. Запорожченко, Д.А. Котов, Е.К. Железнова, А.Н. Осипов Факторы воздействия низкотемпературной плазмы генерируемой при атмосферном давлении на биологические объекты // Медэлектроника 2022. - Минск: 2022. - С. 90.
3. Патент № RU202393U1. Устройство генерации потока нетермальной плазмы : № Н05Н1/24 : заявл. 13.07.2021 : опубл. 22.06.2022 / Шитц Д.В. – 3 с.
4. Осипов, А.Н. Применение сигналов с ШИМ для генерации низкотемпературной атмосферной плазмы / А.Н. Осипов, Е.Н. Каленкович, В.А. Рокач, Т. Ма // Проблемы физики, математики и техники – 2023г. – № 2 (55) – С. 32-38