

## ПРИМЕНЕНИЕ СИНУСОИДАЛЬНО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ АТМОСФЕРНОЙ ПЛАЗМЫ

*Угланова Е.Р., Аскальдович У.А.*

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

*Научный руководитель: Осипов А.Н. – к т н., доцент*

**Аннотация.** В данной статье рассматривается методика проведения исследований по применению синусоидально-модулированных сигналов для генерации атмосферной плазмы. Описывается разработка структуры исследовательского стенда.

**Ключевые слова:** низкотемпературная атмосферная плазма, генерация НТП.

**Введение.** Современный этап развития общества характеризуется быстрым внедрением новых перспективных технологий, которые позволяют решать широкий круг задач в различных областях науки и техники. Одной из таких технологий является технология, основанная на использовании низкотемпературной плазмы при атмосферном давлении. Сфера применения данной технологии достаточно обширна, основными наиболее важными областями являются микроэлектроника, оптика, химическая промышленность и получение новых материалов, охрана окружающей среды, биология, здравоохранение и другие. Одним из направлений совершенствования генераторов низкотемпературной атмосферной плазмы является применение специальных конструктивно-технологических и схмотехнических решений, позволяющих уменьшить габаритные размеры, потребляемую мощность, обеспечить стабильность режимов работы генераторов и др. При проектировании оборудования для генерации плазмы разработчики сталкиваются с рядом проблем, требующих проведения дополнительных исследований. Так, неисследованным является важный вопрос о выборе оптимальной формы электрического сигнала, подаваемого на разрядный блок, так как форма и параметры питающего сигнала в значительной степени определяют уровень энергопотребления устройства и свойства самой генерируемой плазмы [1, 2].

**Основная часть.** В выпускаемых, в настоящее время генераторах атмосферной плазмы, задающий генератор представляет собой генератор синусоидального сигнала, работающий на частоте резонанса выходного каскада. В результате предварительных исследований по применению сигналов с другой формой, в частности с широтно-импульсной модуляцией, была установлена возможность проектирования энергоэффективных генераторов плазмы и управления режимами их работы.

Целью данной работы является проведение исследований синусоидально-модулированных сигналов для генерации низкотемпературной плазмы при атмосферном давлении и структуры исследовательского стенда.

Для выполнения экспериментальных исследований разработана методика их проведения, а также исследовательский стенд, структурная схема которого показана на рисунке 1.

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 качестве источника питания использовался прибор DC Power Supply HY 5003F-2, обеспечивающий постоянным напряжением питания 12 В устройства стенда. Для генерации синусоидально-модулированных сигналов использован генератор сигналов WON AG4151. Контроль сигналов в выходной цепи осуществлен посредством 4-канального цифрового осциллографа WON XDS 3204 AE. Высоковольтный преобразователь напряжения обеспечивает формирование напряжения до 4 кВ. В связи с

этим для регистрации высоковольтного сигнала используется высоковольтный щуп-делитель НVP-15HF напряжения 1:1000.

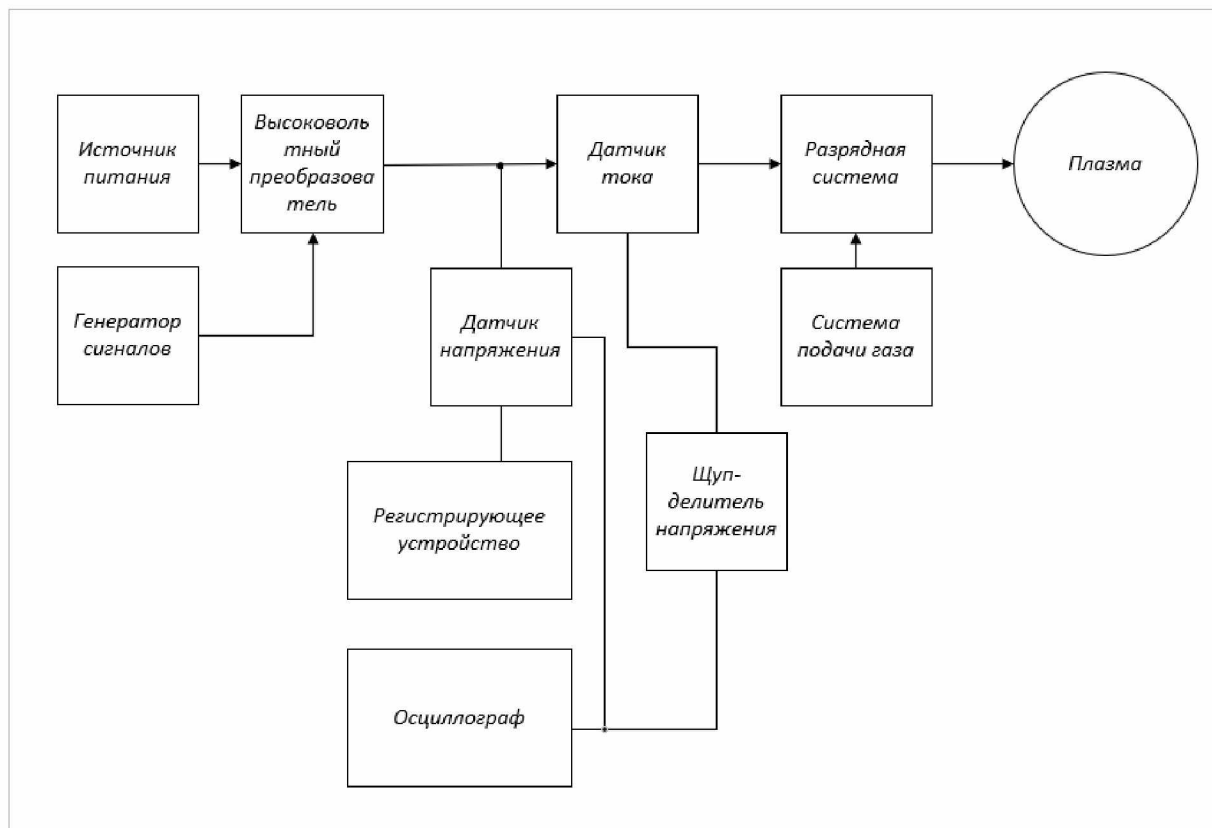


Рисунок 1 – Структурная схема лабораторного макета

В процессе проведения исследований для формирования плазмы будут использованы синусоидально-модулированные сигналы (СМТ). Диапазон изменения параметров СМТ: несущая частота - 1–20 кГц с шагом 100 Гц, модулирующая частота - 20 – 100 Гц с шагом 5Гц.

Формирование плазмы осуществляется в разрядной системе коаксиального типа, через которую пропускается газ и на выходе формируется плазменный факел. В качестве плазмообразующего газа используется аргон ( $^{18}\text{Ar}$ ). Регулировка количества поступающего газа в разрядную систему осуществляется при помощи регулятора расхода газа системы подачи газа.

**Заключение.** Плазма является высоковольтной нагрузкой для генератора, сопротивление которой меняется при взаимодействии с объектами. В связи с этим, оценка изменения плазмы будет осуществляться посредством измерений амплитуд токов и напряжений в высоковольтной цепи и вычисления на основе данных значений энергетических характеристик (полной, активной и реактивной мощности). Контроль плазмы будет также осуществляться путем измерения геометрических размеров факела плазмы (длины и ширины).

**Список литературы**

1. Осипов А.Н., Котов Д.А., Каленкович Е.Н. «Энергоэффективное устройство генерации низкотемпературной плазмы диэлектрического барьерного разряда при атмосферном давлении»
2. Adhikari B. R., Khanal R. *Introduction to the plasma state of matter* / B. R. Adhikari, R. Khanal // *Himalayan Physics*. – 2013. – Т. 4. – С. 60-64.
3. Sakudo A., Yagyu Y., Onodera T. *Disinfection and sterilization using plasma technology: Fundamentals and future perspectives for biological applications* / A. Sakudo, Y. Yagyu, T. Onodera // *International journal of molecular sciences*. – 2019. – Т. 20. – №. 20. – С. 5216.
4. Chaudhary K. et al. *Plasma Kinetic Theory // Kinetic Theory*; InTech: Rijeka, Croatia. – 2018. – С. 107-127. Laroussi M. *Plasma medicine: a brief introduction* / M. Laroussi // *Plasma*. – 2018. – Т. 1. – №. 1. – С. 47-60.
5. Tanaka H. et al. *Non-thermal atmospheric pressure plasma activates lactate in Ringer's solution for anti-tumor effects* / H. Tanaka // *Scientific reports*. – 2016. – Т. 6. – №. 1. – С. 1-11.
6. Brandenburg R. *Dielectric barrier discharges: progress on plasma sources and on the understanding of regimes and single filaments* / R. Brandenburg // *Plasma Sources Science and Technology*. – 2017. – Т. 26. – №. 5. – С. 053001.

UDC 533.9.072

**APPLICATION OF SINUSOIDAL MODULATED SIGNALS FOR GENERATION OF LOW ATMOSPHERIC PLASMA**

*Uhlanova E.R., Askaldovich U.A.*

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

*Osipov A.N. – Cand. of Sci., assistant professor*

**Annotation.** This article discusses the methodology for conducting research on the use of sinusoidally modulated signals for generating atmospheric plasma. Describes the development of the research stand structure.

**Keywords:** low atmospheric plasma, generation LAP.