

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МАКЕТ ГЕНЕРАТОРА МЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН МИГ-125

*Фешина Юлия Андреевна (selemir@vniief.ru), Садовой Сергей Александрович,  
Садчиков Евгений Александрович*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

В работе представлены результаты по разработке экспериментального макета генератора метрового диапазона длин волн МИГ-125, предназначенного для генерации высокочастотных (ВЧ) импульсов высокого напряжения в целях проведения научно-технических исследований.

Экспериментальный макет выполнен с учетом основных требований: минимальные габариты и масса прибора; рабочая частота генерации 125 МГц; возможность внешнего запуска прибора; автономность; импульсно-периодический режим; выходная мощность ~0,3 МВт.

**Ключевые слова:** ВЧ-генератор, ВЧ-импульс, газовый разряд, отпаянная газоразрядная камера.

## EXPERIMENTAL MODEL OF METER-WAVE GENERATOR MIG-125

*Feshina Yulia Andreevna (selemir@vniief.ru), Sadovoy Sergey Alexandrovich,  
Sadchikov Evgeniy Alexandrovich*

FSUE «RFNC-VNIIEF», Sarov Nizhny Novgorod region

The development results of the experimental model of the meter-wave generator MIG-125 are provided in the paper. The device is intended to generate radio-frequency pulses (RF) pulses of high voltage aimed to perform scientific and technological research.

The experimental model matches the following requirements: minimum dimensions and mass of the device; operating frequency of 125 MHz; possibility of the external start of the device; autonomy; pulse-periodic mode; output power of ~ 0.3 MW.

**Key words:** meter-wave generator, RF-pulse, gas discharge, sealed-off discharge chamber.

### Введение

В настоящее время в РФЯЦ-ВНИИЭФ интенсивно ведутся работы по созданию радиочастотных излучателей метрового диапазона длин волн на базе газоразрядных генераторов ВЧ-импульсов. Приборы данного типа являются уникальной разработкой ВНИИЭФ, не имеющей аналогов в Российской Федерации и за рубежом [1–9]. Стержневым элементом такого генератора является газоразрядная камера, в которой инициируются импульсные сверхплотные газовые разряды низкого давления с полым катодом. Возникающие при этом ВЧ-модуляции разрядного напряжения [8–9] являются источником ВЧ-энергии. Одним из приоритетных направлений проводимых работ является реализация мобильных компактных

макетов излучателей, обладающих малыми массой и габаритами.

### Устройство экспериментального макета генератора

В основу функционирования генератора положен принцип преобразования постоянного напряжения в высокочастотные импульсы посредством использования ВЧ-модулятора (газоразрядной камеры). Принцип функционирования газоразрядной камеры, аналогичен модуляторам на основе элементов, вольт-амперная характеристика (ВАХ) которых содержит участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением, например, диоды Ганна или туннельные диоды. Таким образом, принцип генерации газоразрядной камеры – возникновение колебаний в колеба-

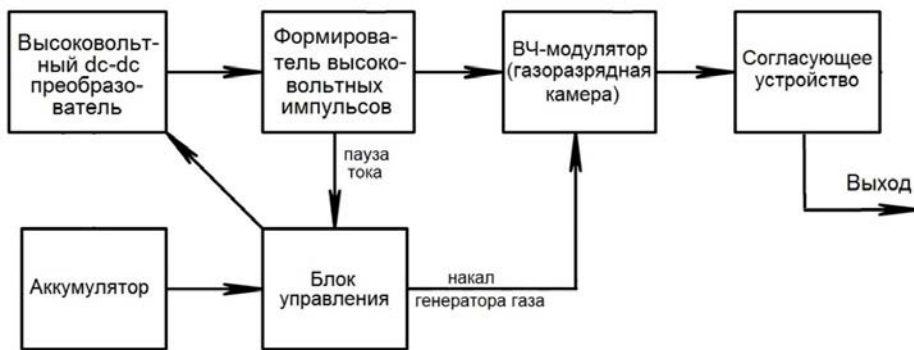


Рис. 1. Блок-схема генератора МИГ-125

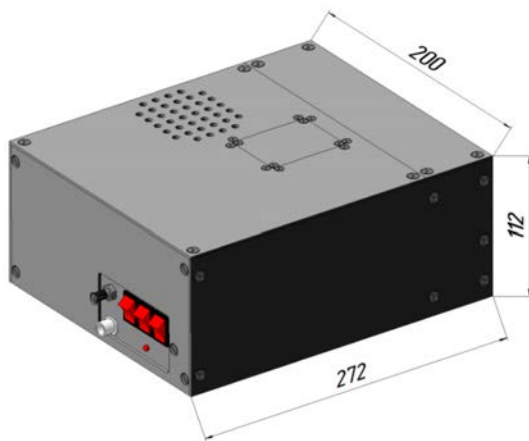


Рис. 2. Внешний вид генератора МИГ-125

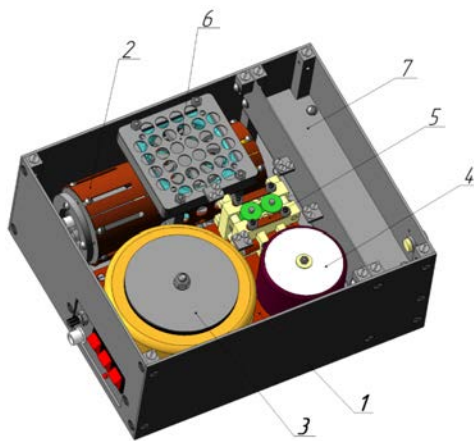


Рис. 3. Компоненка систем генератора МИГ-125: 1 – система управления, 2 – газоразрядная камера, 3 – высоковольтный трансформатор, 4 – дроссель, 5 – формирователь импульсов; 6 – охлаждающий вентилятор, 7 – аккумуляторный отсек

тельном контуре, который состоит из емкости прикатодного слоя и суммарной индуктивности: газового разряда; электродов; обратного токопровода. Генерация возможна при соблюдении условия – рабочая точка находится на участке ВАХ с отрицательным дифференциальным сопротивлением.

На рис. 1 представлена функциональная блок-схема генератора МИГ-125.

Электропитание всех систем генератора осуществляется от аккумуляторной батареи. Напряжение аккумуляторной батареи (11,1 В) преобразуется высоковольтным dc-dc преобразователем в высокое напряжение ~5 кВ. Высокое напряжение поступает на вход формирователя импульсов. Формирователь импульсов представляет из себя RC цепочку, коммутируемую на нагрузку неуправляемым разрядником Ersos 3500 (рабочее напряжение разрядника составляет 3,5 кВ). Импульсы высокого напряжения подаются непосредственно на электроды газоразрядной камеры.

При поступлении на электроды камеры высоковольтных импульсов напряжения, в камере инициируется импульсный газовый разряд с полым катодом. Происходит ВЧ-модуляция напряжения разряда, и в

результате в выходной цепи генератора формируется ВЧ-импульс высокого напряжения.

Для приведения газоразрядной камеры в рабочее состояние необходимо обеспечить определенный уровень давления газа внутри камеры, посредством накаливания функционального элемента генератора газа камеры.

Газоразрядная камера соединена с выходным разъемом генератора с помощью согласующего устройства. Оно представляет собой четвертьволновой трансформатор с волновым сопротивлением 25 Ом длиной, соответствующей рабочей частоте 125 МГц. Конструктивно он выполнен в виде двух отрезков коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 50 Ом, соединенных параллельно.

Блок управления осуществляет подачу напряжения питания и управляет всеми системами генератора. Блок управления может изменять частоту следования импульсов генерации, посредством изменения времени задержки подачи высокого напряжения с dc-dc преобразователя на вход формирователя импульсов.

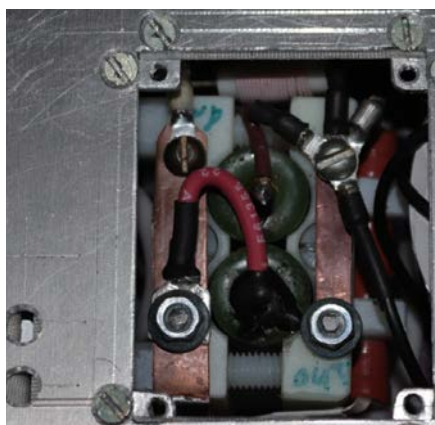
Внешний вид разработанного прибора представлен на рис. 2. Генератор выполнен в виде плос-

кого параллелепипеда, его габаритные размеры: длина – 272 мм; высота – 112 мм; ширина – 200 мм. Корпус металлический, что диктуется требованиями экранировки от внутреннего электромагнитного излучения. На верхней и нижней крышках корпуса прибора выполнена перфорация для обеспечения необходимой циркуляции воздуха, что обеспечивает эффективную работу системы охлаждения. Все конструкционные материалы выполнены из сплава алюминия для уменьшения массы прибора.

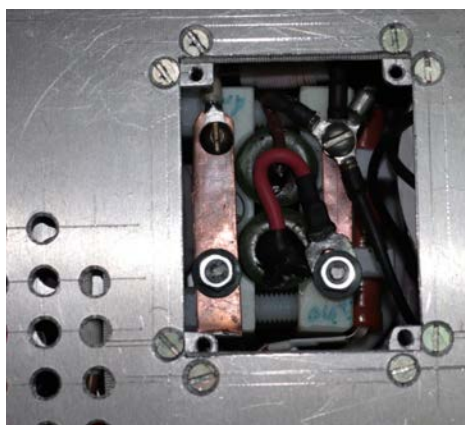
На рис. 3 представлена компоновка основных систем генератора МИГ-125. На дне корпуса располагается экранированный блок управления 1, совмещенный с силовыми цепями dc-dc преобразователя. Рядом располагается газоразрядная камера 2. Над блоком управления расположены: высоковольтный трансформатор 3 и дроссель 4 dc-dc преобразователя; формирователь импульсов 5. Непосредственно над газоразрядной камерой расположен вентилятор 6 системы охлаждения. Дальняя часть прибора отведена под аккумуляторный отсек 7. Под аккумулятор-

ным отсеком размещен четвертьволновый трансформатор, соединенный с выходным разъемом прибора.

Генератор может работать в двух режимах: Режим 1 – длительность импульса составляет ~200 нс, частота следования импульсов 100–1100 Гц; Режим 2 – длительность импульса ~300 нс, частота следования импульсов 100–600 Гц. Для установки требуемого рабочего режима генератора следует, сняв крышку доступа к формирователю импульсов высокого напряжения и ослабив гайки на электродах, переключить клемму (красный провод) одного из накопительных конденсаторов формирователя в соответствии с рис. 4 (второй конденсатор подключен стационарно). Контакты накопительных конденсаторов являются токоведущими частями электрической цепи генератора, после выключения питания генератора на них в течение некоторого времени возможно наличие остаточного напряжения. Перед переключением на контакты накопительных конденсаторов следует наложить переносное заземление.

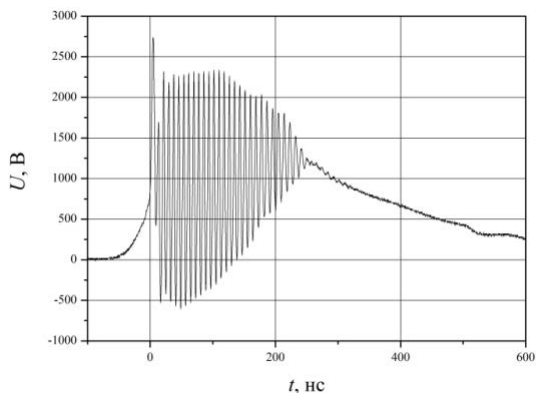


а

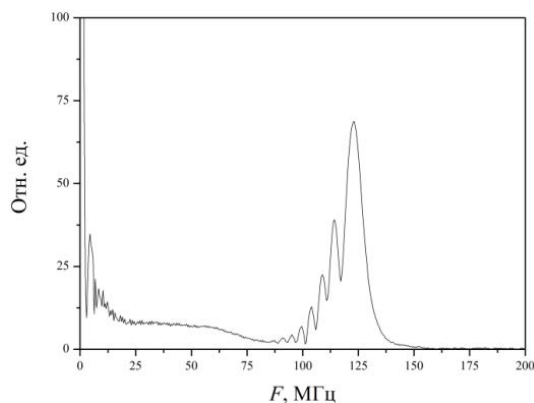


б

Рис. 4. Подключение накопительных конденсаторов формирователя импульсов высокого напряжения для работы в: а – режиме 1, б – режиме 2

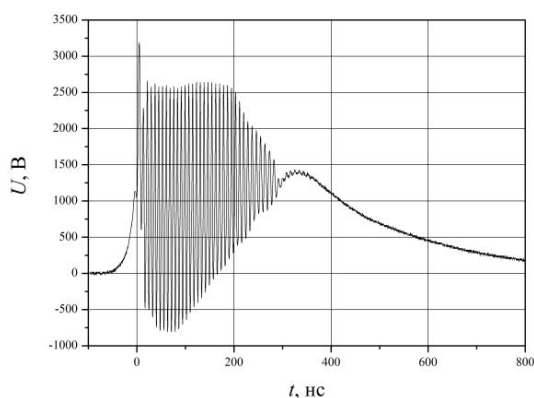


а

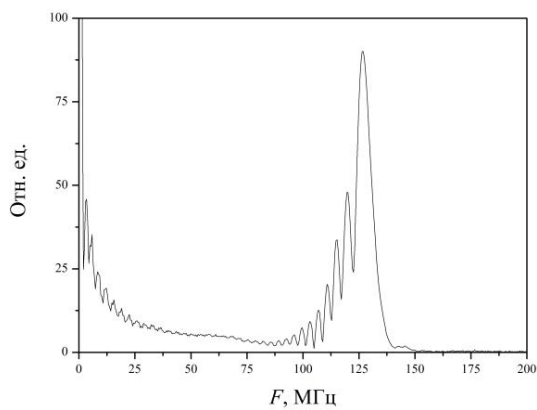


б

Рис. 5. Типичные осциллограммы, генерируемые прибором на резистивной нагрузке 50 Ом в Режиме 1: а – ВЧ-импульс, б – Фурье-образ



а



б

Рис. 6. Типичные осциллограммы, генерируемые прибором на резистивной нагрузке 50 Ом в Режиме 2: а – ВЧ-импульс, б – Фурье-образ

### Электротехнические характеристики макета генератора метрового диапазона длин волн МИГ-125

Наименование параметра	Значение
Напряжение питания, В	11,1
Частота максимума спектральной характеристики, МГц	125±1
Максимальная мощность импульса, МВт	до 0,3
Напряженность электрического поля на расстоянии <sup>1</sup> 1м, В/м	до 2000
Длительность импульса, нс	
Режим 1	~200
Режим 2	~300
Частота следования импульсов, Гц	
Режим 1	100-1100
Режим 2	100-600
Регулировка выходной мощности, дБ	10; 20; 30
Сопrotивление нагрузки, Ом	50
Время автономной работы от аккумулятора, мин	
в режиме А <sup>2</sup>	не менее 10
в режиме Б <sup>3</sup>	не менее 300
Амплитуда внешнего управляющего сигнала, В	+5
Длительность внешнего управляющего сигнала, мс	не менее 50
Ресурс работы <sup>4</sup> газоразрядной камеры ГКО120.D.4.1	не менее 10 <sup>7</sup> импульсов
Максимальные габаритные размеры корпуса (длина×ширина×высота), мм	272×200×112
Масса корпуса без аккумуляторной батареи, кг	3,760

<sup>1</sup> при использовании директорной антенны, поставляемой в комплекте генератора;

<sup>2</sup> режим А – прибор в режиме генерации с максимальной частотой следования импульсов;

<sup>3</sup> режим Б – прибор с включенным накалом, режим генерации не запущен;

<sup>4</sup> при непрерывной работе с частотой 1000 Гц – ресурс составляет 3 часа; работая сериями по 15 с с частотой следования 1000 Гц – ресурс составляет не менее 700 серий.

### Электротехнические характеристики

Электротехнические характеристики экспериментального макета генератора метрового диапазона длин волн МИГ-125 измерены во всех режимах его работы. На рис. 5 представлены типичная осциллограмма ВЧ-импульса, генерируемого прибором на резистивной нагрузке 50 Ом в Режиме 1 и его Фурье-образ. На рис. 6 представлены типичная осциллограмма и Фурье образ соответствующие работе генератора в Режиме 2.

Ниже приведены электротехнические характеристики разработанного экспериментального макета генератора метрового диапазона длин волн МИГ-125 (см. таблицу).

### Заключение

В работе представлены результаты по разработке экспериментального макета генератора метрового диапазона длин волн МИГ-К125. Разработанный малогабаритный экспериментальный макет генератора метрового диапазона длин волн МИГ-125, который

удовлетворяет основным требованиям: минимальные габариты и масса прибора; рабочая частота генерации – 125 МГц; возможность внешнего запуска прибора; автономность; импульсно-периодический режим; выходная мощность ~0,3 МВт.

### Список литературы

1. Булычев С. В., Вялых Д. В., Дубинов А. Е., Жданов В. С., Корнилова И. Ю., Львов И. Л., Садовой С. А., Сайков С. К., Селемир В. Д. Результаты исследований генераторов мощных ВЧ-импульсов на основе разряда с полым катодом // Физика плазмы. 2009. Т. 35, № 11. С. 1019.

2. Вялых Д. В., Дубинов А. Е., Львов И. Л., Садовой С. А., Селемир В. Д. Генератор мощных ВЧ-импульсов на основе разряда с полым катодом // ПТЭ. 2005. № 1. С. 86.

3. Дубинов А. Е., Львов И. Л., Садовой С. А., Селемир В. Д., Вялых Д. В. Мощный импульсный высокочастотный генератор на основе разряда с полым катодом // Изв. вузов. Радиофизика. 2006. Т. 49, № 4. С. 300.

4. Селемир В. Д., Дубинов А. Е., Жданов В. С., Садовой С. А., Львов И. Л., Вялых Д. В. Мощный сверхминиатюрный беспучковый генератор в газоразрядной СВЧ электронике // Доклады академии наук. 2012. Т. 442, № 4. С. 465–467.

5. Dubinov A., Kornilova I., L'vov I., Sadovoy S., Selemir V., Vyalykh D., Zhdanov V. Generators of High-Power High-Frequency Pulses Based on Sealed-Off Discharge Chambers With Hollow Cathode // IEEE Transactions on plasma science. 2010. Vol. 38. N 11.

6. Bulychev S., Dubinov A., L'vov I., Sadovoy S., Selemir V., Valiulina V., Vyalykh D., and Zhdanov V. High-Power Compact P-Band UHF Oscillator Based on Hollow Cathode Discharge // IEEE Transactions on plasma science. 2015. Vol. 43. N 6.

7. Bulychev S., Dubinov A., L'vov I., Popolev V., Sadovoy S., Selemir V., Valiulina V., Vyalykh D., and Zhdanov V. Autonomous portable pulsed-periodical generator of high-power radiofrequency-pulses based on gas discharge with hollow cathode // Review of scientific instruments. 2016. Vol. 87.

8. Дубинов А. Е., Львов И. Л., Садовой С. А., Сайков С. К., Селемир В. Д., Вялых Д. В., Жданов В. С., Бочков В. Д., Ушич В. Г. Отпаянная газоразрядная камера с полым катодом для генерации мощных ВЧ-импульсов // ПТЭ. 2011. № 1. С. 161–162.

9. Генератор высокочастотного излучения на основе разряда с полым катодом. Пат. 134697, РФ, Н01J 17/02, Дубинов А. Е., Вялых Д. В., Львов И. Л., Жданов В. С., Садовой С. А., Селемир В. Д. // Бюллетень изобретений, 2013. № 32.