



Российская Академия наук  
Институт электрофизики  
Лаборатория импульсной техники

# Мощный высоковольтный генератор на твердотельных элементах S-500T

М.С. Педос, С.Н. Рукин, С.П. Тимошенко,  
Е.А. Аличкин

23-я Конференция молодых ученых ИЭФ УрО РАН  
Екатеринбург  
2022

## Блок-схема генератора



*Система управления* - выдает импульс для синхронизации работы генератора с внешней нагрузкой.

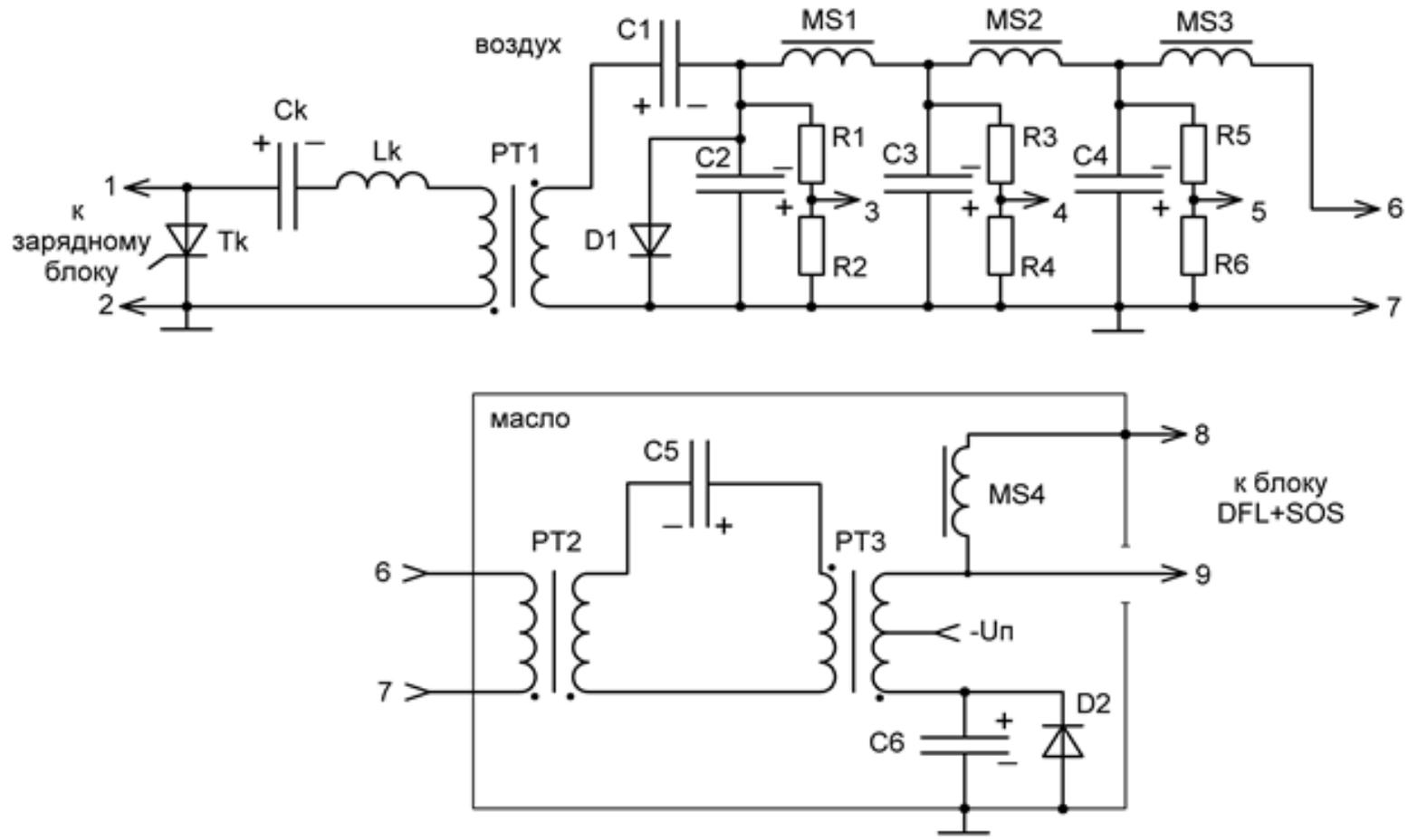
*Зарядный блок* - заряд первичного емкостного накопителя за время не более 1 секунды.

*Магнитный компрессор* - сжатие энергии во времени и увеличение напряжения импульса.

*Блок DFL + SOS* - накачка полупроводникового прерывателя тока SOS сначала в прямом, а затем в обратном направлении.

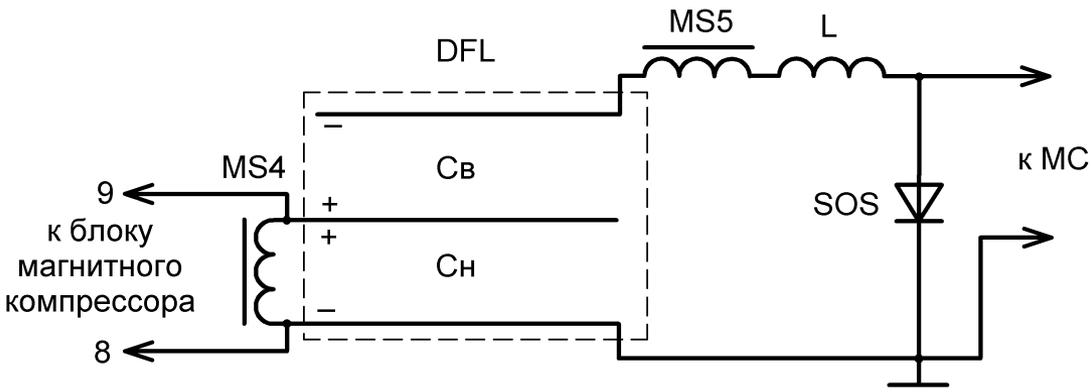
*Линия MCL* - окончательный усилитель мощности импульса

# Магнитный компрессор

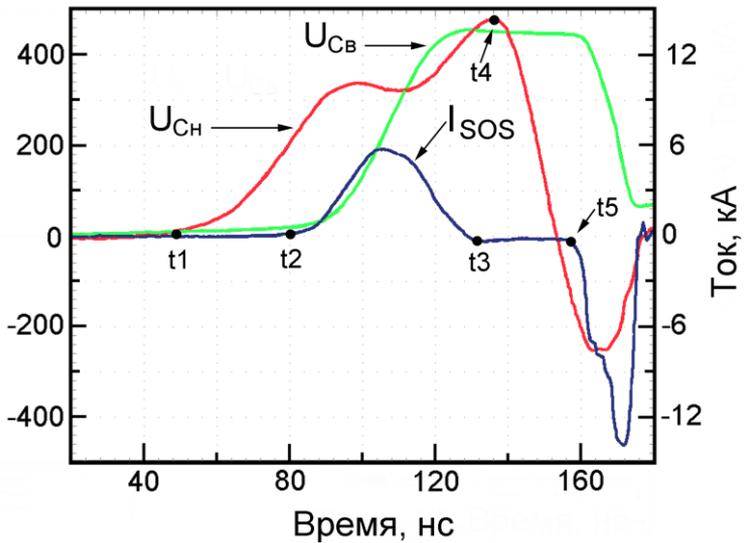


Электрическая схема магнитного компрессора

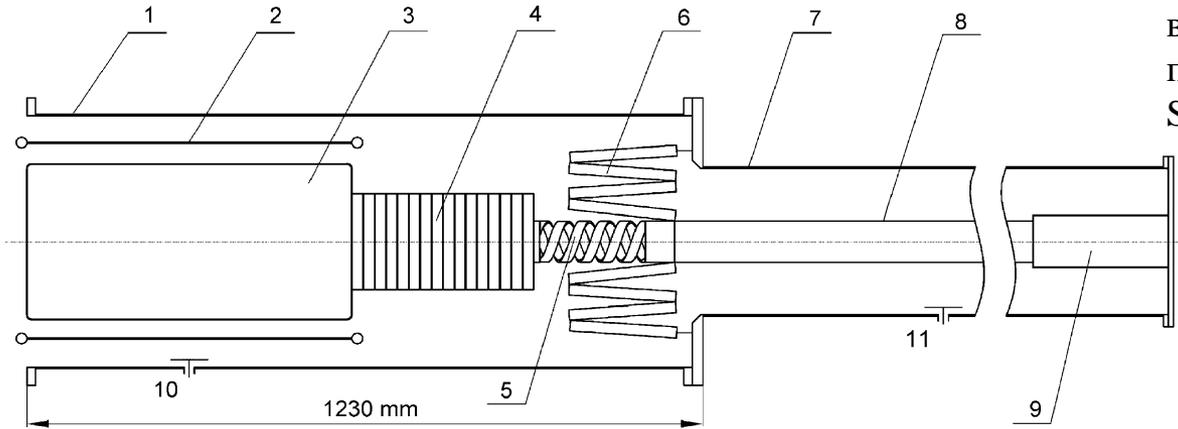
# Блок DFL + SOS



Электрическая схема накачки полупроводникового прерывателя тока SOS на основе двойной формирующей линии DFL



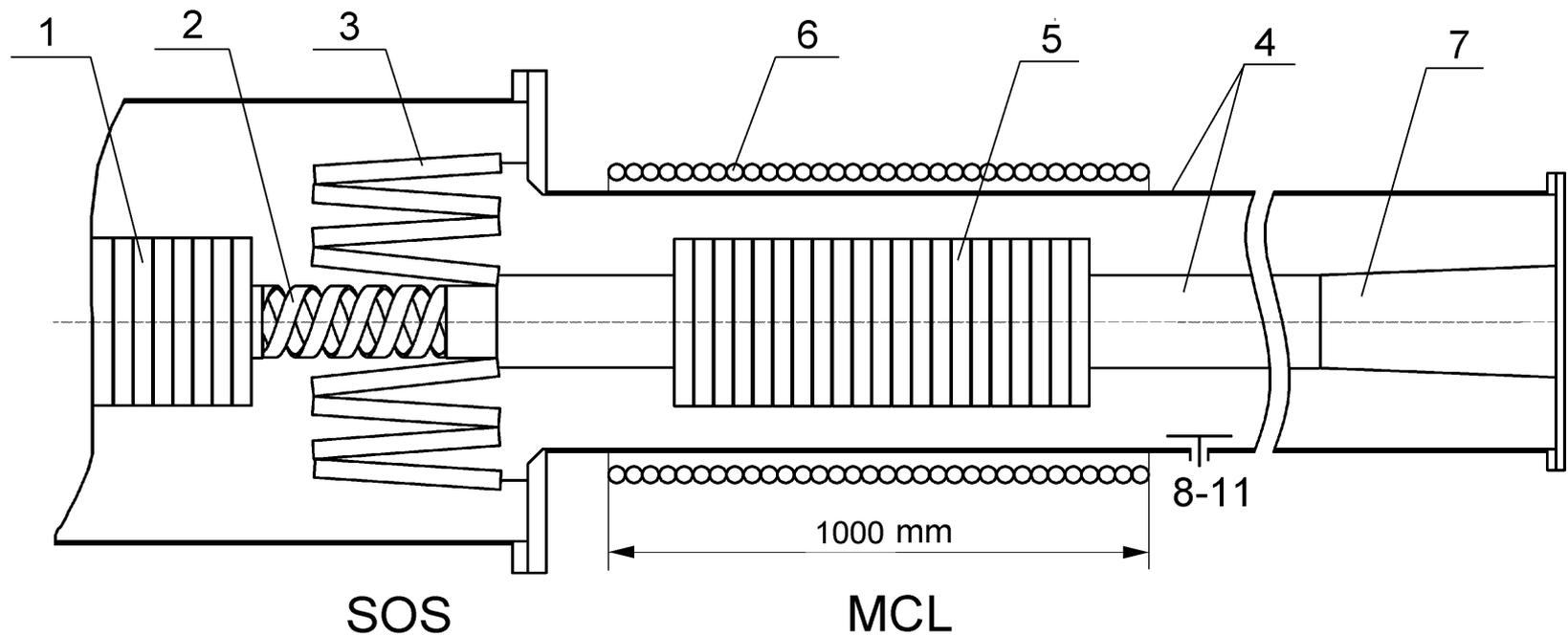
Эпюры напряжений на нижней (Сн) и верхней (Св) линиях DFL и тока через полупроводниковый прерыватель тока SOS



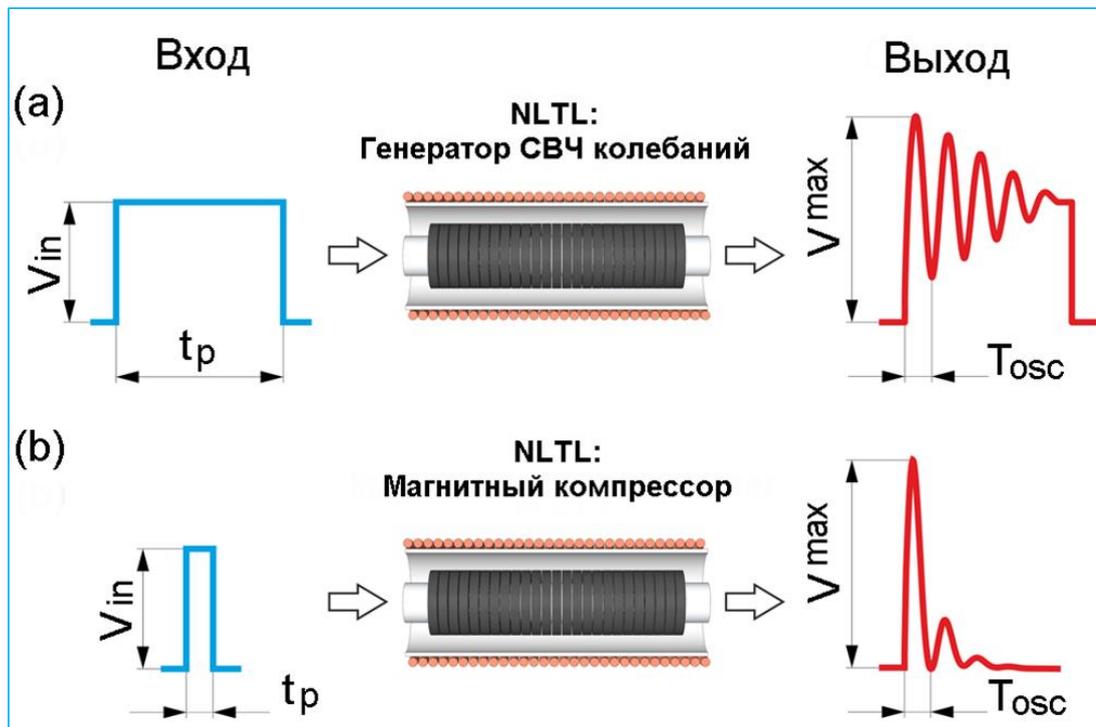
Конструкция блока DFL+SOS: 1–3 – электроды DFL; 4 – ферритовый магнитный ключ MS5; 5 – индуктор L; 6 – SOS-диоды; 7 и 8 – наружный и внутренний электроды выходной линии; 9 – резистивная нагрузка; 10–11 – емкостные делители напряжения

“A 6 GW nanosecond solid-state generator based on semiconductor opening switch“ / A.I. Gusev, M.S. Pedos, S.N. Rukin, S.P. Timoshenkov, S.N. Tsyranov // Rev. Sci. Instrum.- 2015.-V. 86.-P.114706.

## Конструкция выходного узла с линией MCL



Выходной узел блока DFL+SOS (1 – магнитный ключ MS5, 2 – индуктивный накопитель L, 3 – SOS-диоды); магнитный компрессор на линии MCL (4 – электроды линии, 5 – ферритовые кольца, 6 – соленоид); 7 – резистивная нагрузка; 8–11 – емкостные делители напряжения



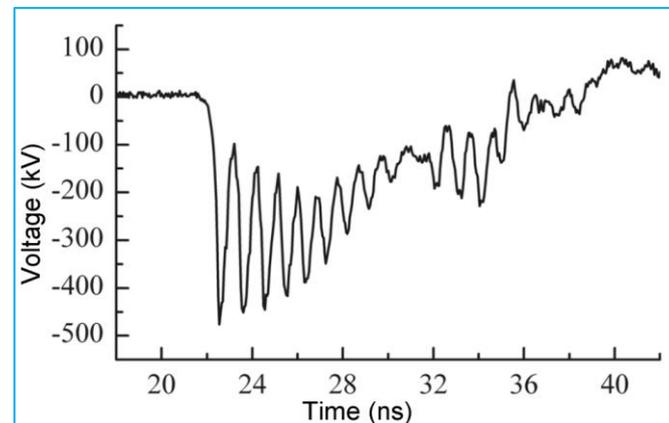
Режимы работы гиромангнитной нелинейной передающей линии (NLTL) :

(a) NLTL работает как источник СВЧ колебаний ( $t_p \gg T_{osc}$ )

(b) NLTL работает как линия магнитной компрессии (MCL) с увеличением пиковой мощности ( $t_p \sim T_{osc}$ )

A.I. Gusev, M.S. Pedos, S.N. Rukin, and S.P. Timoshenkov, "Solid-state repetitive generator with a gyromagnetic nonlinear transmission line operating as a peak power amplifier," Rev. Sci. Instrum. **88**, 074703 (2017).

V. V. Rostov et al. "Effective Transformation of the Energy of High Voltage Pulses into High Frequency Oscillations Using a Saturated Ferrite Loaded Transmission Line," Tech. Phys. Lett. **35**, 626–628 (2009)

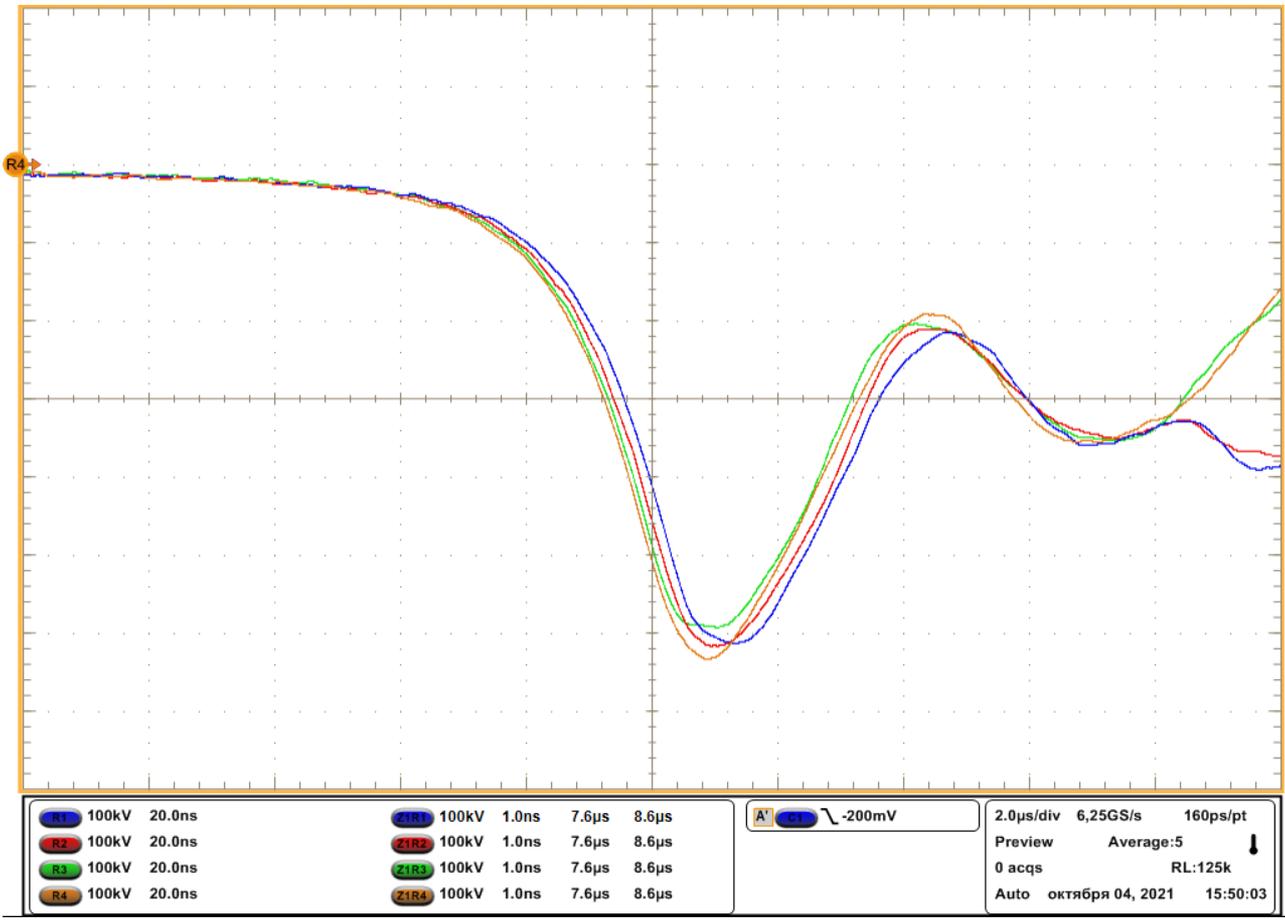


FWHM ~9 ns,  $T_{osc} \sim 0.9$  ns ( $f = 1.1$  GHz)  
 Амплитуда входного импульса ~300 kV  
 Амплитуда первого пика колебаний ~450 kV

Расчеты Романченко и Ростова :

$$V_{max} = \sqrt{2} V_{in}$$

# Результаты испытаний генератора



амплитуда импульса  
напряжения 600–660 кВ,  
амплитуда импульса тока  
18–20 кА,  
длительность импульса на  
полувысоте 1.9–2.0 нс,  
частота следования  
импульсов до 1 Гц.

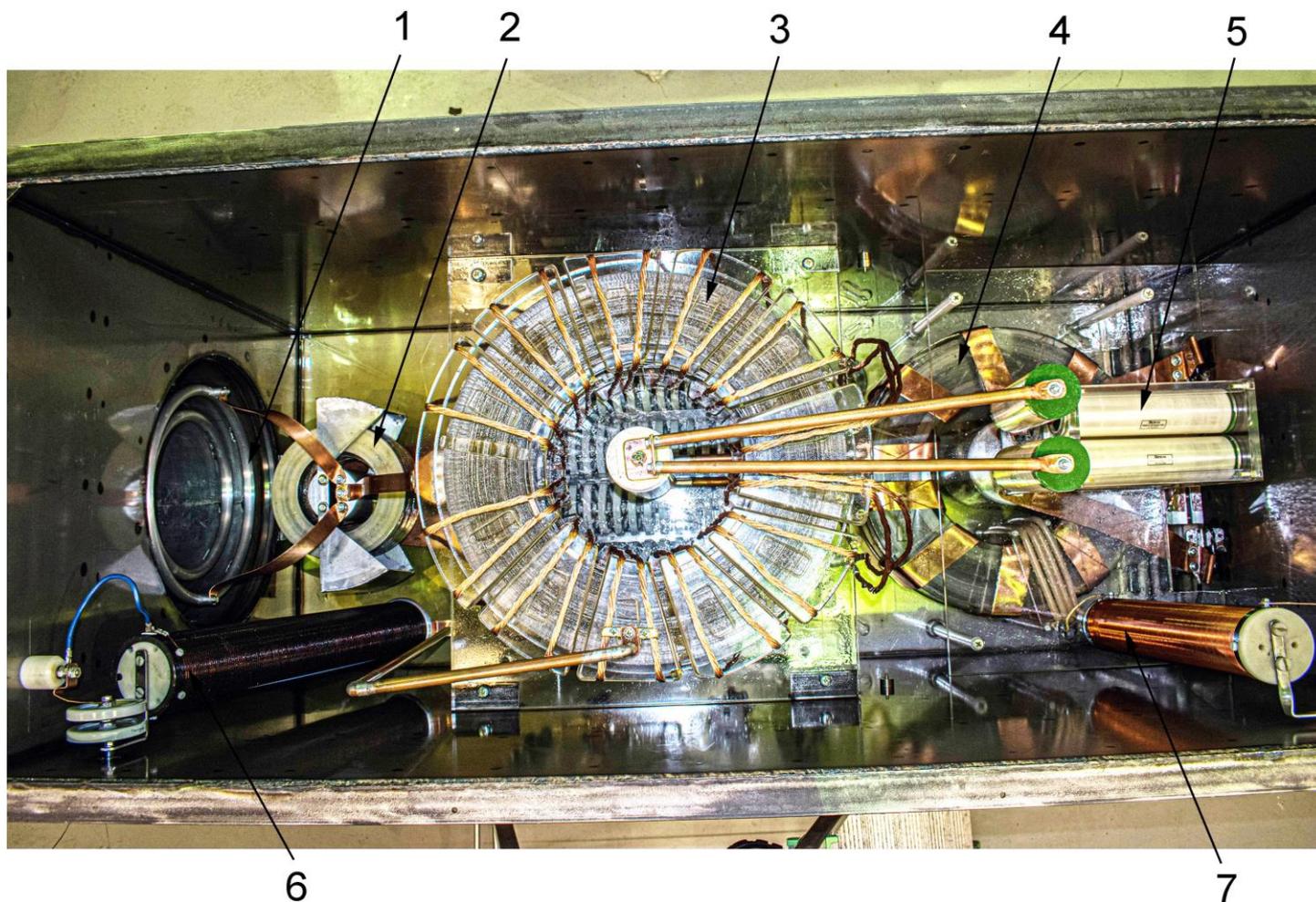
Осциллограммы импульсов выходного напряжения на датчиках  $U_{ВЫХ1}-U_{ВЫХ4}$ : ВЧ зарядный источник,  $U_{Ск} = 2.8$  кВ, PRF = 1 Гц, масштаб по амплитуде – 100 кВ/деление, по времени – 1 нс/деление

## Компоновка элементов генератора



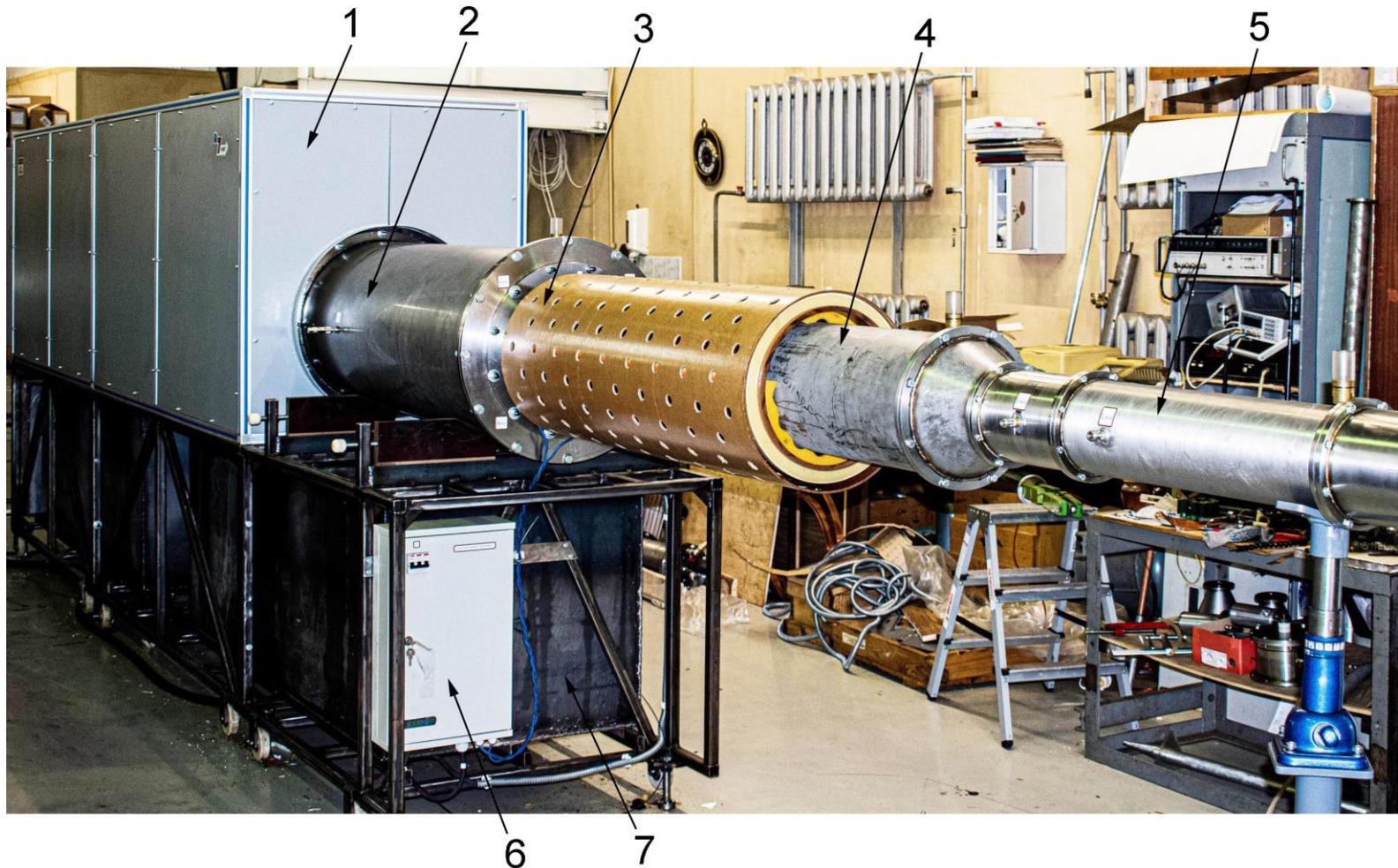
Вид на генератор сбоку со снятыми панелями: 1 – воздушная часть корпуса; 2 – отсек с высоковольтным масляным баком

## Компоновка элементов в высоковольтном масляном баке генератора



Вид сверху на элементы генератора в высоковольтном масляном баке: 1 – вход в блок DFL+SOS; 2 – магнитный ключ MS4; 3 – импульсный трансформатор РТ3; 4 – импульсный трансформатор РТ2; 5 – конденсаторная сборка С5; 6 и 7 – защитные дроссели в цепи перемагничивания сердечников

## Общий вид генератора S-500T



Общий вид генератора S-500T: 1 – корпус генератора; 2 – блок DFL+SOS; 3 – соленоид линии MCL; 4 – линия MCL; 5 – передающая линия с волновым сопротивлением 33 Ом; 6 – блок питания соленоида; 7 – баки маслохранилища

Спасибо за  
внимание



Российская Академия наук  
Институт электрофизики  
Лаборатория импульсной техники

# Мощный высоковольтный генератор на твердотельных элементах S-500T

М.С. Педос, С.Н. Рукин, С.П. Тимошенко,  
Е.А. Аличкин

23-я Конференция молодых ученых ИЭФ УрО РАН  
Екатеринбург  
2022