

# ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВЗРЫВНОГО РАЗМЫКАТЕЛЯ ТОКА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕГО РАБОТЫ

Д. А. Тепаев, С. А. Казаков, А. А. Агапов, Ю. В. Власов, В. А. Демидов, С. И. Володченко

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

## Введение

Взрывные размыкатели тока (ВРТ) с ребристой преградой (РП) хорошо зарекомендовали себя в ряде электрофизических экспериментов. Однако с увеличением габаритов, и прежде всего – диаметра устройств, изготовление таких ВРТ крайне затруднено, а иногда и невозможно. Поэтому в размыкателях большого диаметра взамен ребристых преград применяются проволочные соленоиды (ПС). Например, в размыкателях диаметром ~600 мм применяются ПС, изготовленные из проволоки диаметром 1,5 мм с шагом намотки соленоида 4 мм. В то же время наилучшие результаты по формированию импульса тока в нагрузке получены при испытаниях ВРТ с РП диаметром 100 мм, когда разрушаемый проводник и преграда с ребрами толщиной 1 мм и пазами шириной 1,5 мм помещались в газе  $SF_6$ , а для разрыва проводника применялся заряд взрывчатого вещества (ВВ) на основе октогена. Чтобы выяснить, как замена РП на ПС влияет на эффективность работы ВРТ, исследована работа двух размыкателей разных конструкций, находящихся в равных условиях. Сохранены материал, диаметр, толщина и длина разрушаемого проводника, плотность тока в нем, давление и состав газа в размыкателе, состав ВВ в разрывном заряде. Чтобы количество разрывающих ячеек ВРТ было также одинаковым, в размыкателе с РП применена преграда с ребрами толщиной 1,5 мм и пазами шириной 2,5 мм. В докладе приводятся результаты исследований по переключению тока ВМГ-100 в нагрузку индуктивностью ~10 нГн размыкателями с РП и ПС.

## ВРТ с преградой в виде проволочного соленоида

В первом эксперименте объектом исследований являлся взрывной размыкатель тока диаметром 100 мм,

выполненный в виде соленоида из танталовой проволоки диаметром 1,5 мм, намотанной с шагом 4 мм, с заполнением ВРТ элегазом и разрушением медной фольги толщиной 0,28 мм с помощью заряда ВВ из состава ОФА-6У. Общий вид устройства представлен на рис. 1.

В состав устройства входят:

- спиральный ВМГ
- ВРТ с ПС
- индуктивная нагрузка

ВРТ-100 состоит из устройства инициирования (УИ) [1], промежуточного заряда ВВ, внутреннего токопровода, изолятора, разрывного заряда ВВ, разрушаемой фольги, преграды и внешнего токопровода. УИ содержит 6 электродетонаторов (ЭД) АТЭД4.000.8, соединенных электрически последовательно и расположенных вдоль оси устройства с шагом 20 мм.

В качестве промежуточного заряда применена шашка А7110-Р726.001 из состава КТГ. Промежуточный заряд формирует ударную волну, которая инициирует разрывной заряд ВВ толщиной 6 мм, выполненный из состава ОФА-6У. Разрушаемый проводник выполнен из медной фольги толщиной 0,28 мм в виде цилиндра диаметром 100 мм длиной 100 мм. Длина разрушаемого участка фольги 90,5 мм. Преграда ВРТ выполнена в виде соленоида из танталовой проволоки диаметром 1,5 мм, намотанной с шагом 4 мм. Ширина пазов между витками соленоида 2,5 мм. Количество разрывающих ячеек – 22. Плотность тантала  $\rho = 16,65 \text{ г/см}^3$ , скорость звука  $c = 3,35 \text{ мм/мкс}$ , акустическая жесткость  $\tilde{R} = \rho \times c = 55,8$  [3]. Над преградой расположен демпфер из пенопласта плотностью ~0,2 г/см<sup>3</sup> толщиной 5 мм. Внутренняя полость ВРТ заполнена газом  $SF_6$  при давлении 4,0 атм.

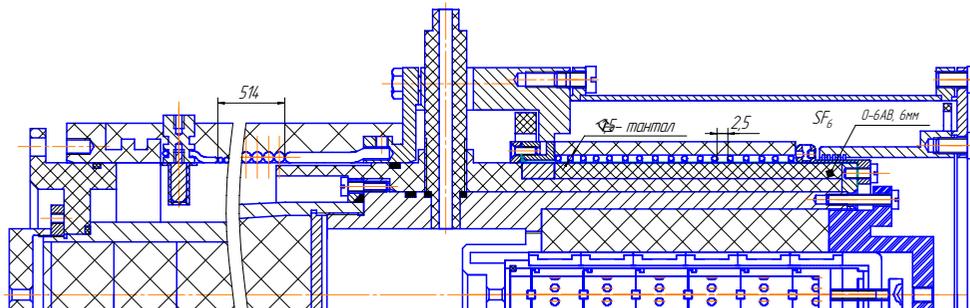


Рис. 1. Эскиз устройства

При разрываемом токе спирального ВМГ ~5,5 МА получены осциллограммы, представленные на рис. 2, 3. и 4.

ным временем нарастания ~ 1 мкс. Сопротивление ВРТ составило ~ 32 мОм.

### ВРТ с ребристой преградой

Ребристая преграда взрывного размыкателя тока представляет собой периодическую структуру, состоящую из одинаковых размыкающих элементов в виде ребер и пазов между ними [1, 2]. Во втором сравнительной эксперименте исследовался взрывной размыкатель тока с ребристой преградой из органического стекла длиной 90 мм с ребрами шириной 1,5 мм и пазами шириной 2,5 мм. Ребра облицованы стальными кольцами толщиной 1 мм. Материал, диаметр, толщина и длина разрушаемого проводника, плотность тока в нем, давление и состав газа в размыкателе, количество размыкающих ячеек, состав ВВ в разрывном заряде сохранены по отношению к первому эксперименту.

В эксперименте получены осциллограммы, представленные на рис. 5, 6 и 7.

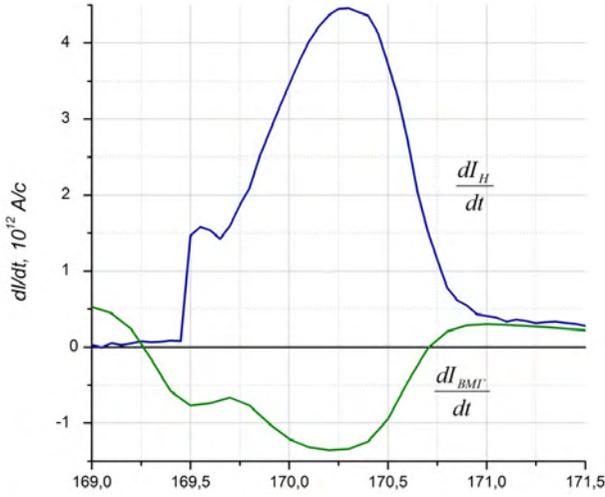


Рис. 2. Производная тока в ВМГ и в нагрузке

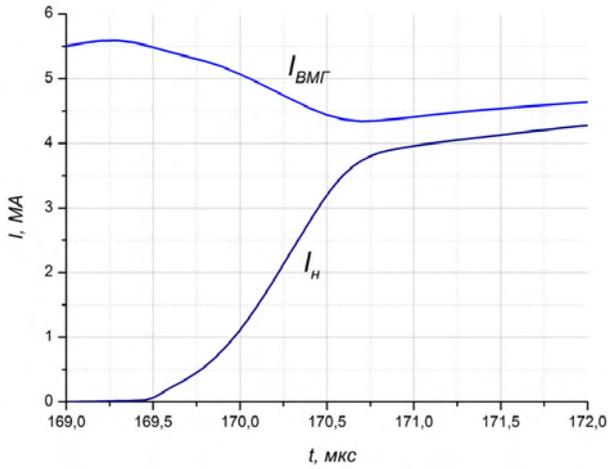


Рис. 3. Ток в ВМГ и в нагрузке

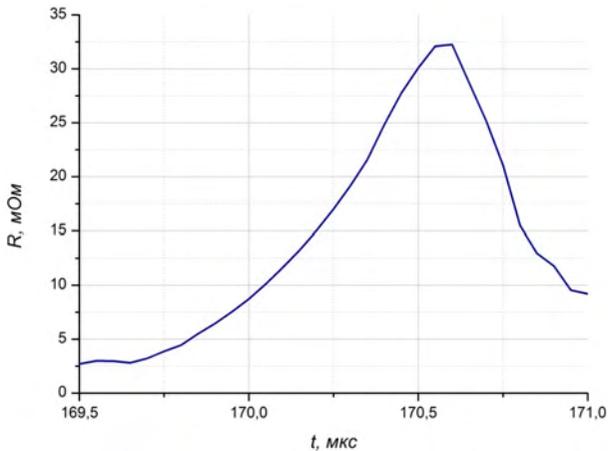


Рис. 4. Сопротивление ВРТ

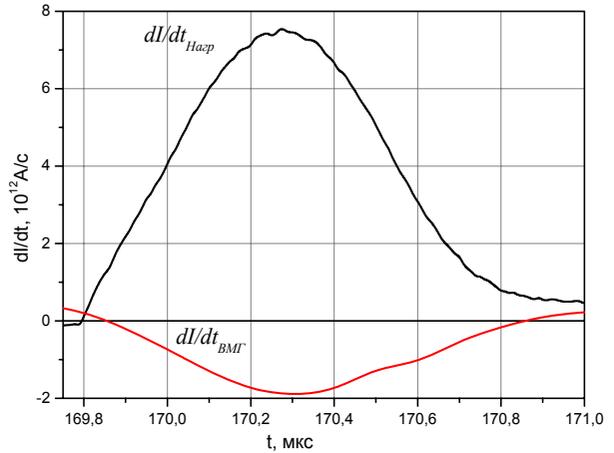


Рис. 5. Производные тока в ВМГ и в нагрузке

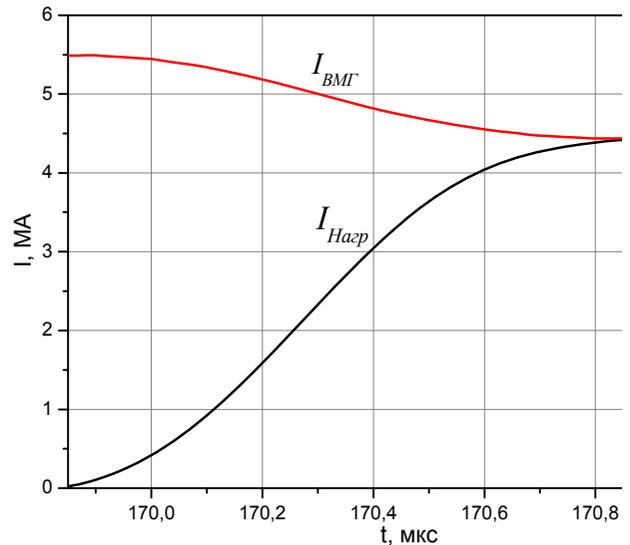


Рис. 6. Ток в ВМГ и в нагрузке

В нагрузке индуктивностью 10 нГн сформирован импульс тока амплитудой ~3,8 МА с характер-

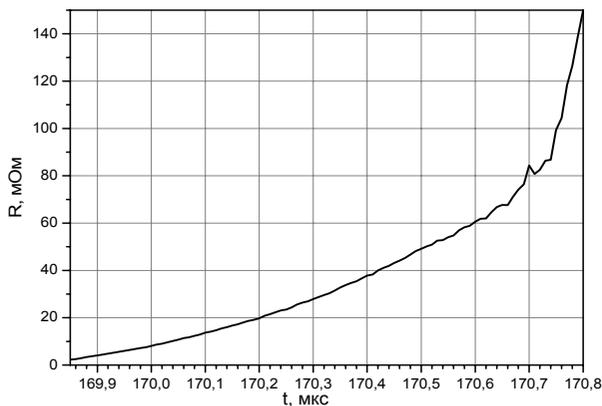


Рис. 7. Сопротивление ВРТ

В нагрузке индуктивностью 10 нГн сформирован импульс тока амплитудой  $\sim 4,4$  МА с характерным временем нарастания  $\sim 0,7$  мкс. Сопротивление ВРТ составило  $\sim 83$  мОм.

### Выводы

Проведенные эксперименты показали, что от конструкции взрывного размыкателя существенно зависит эффективность формирования импульса тока в нагрузке. При коммутации тока 5,5 МА, генерируемого спиральным генератором диаметром 100 мм, размыкатель с ребристой преградой позволяет формировать в нагрузке 10 нГн импульс тока амплитудой

4,4 МА с временем нарастания  $\sim 0,7$  мкс. При прочих равных условиях, замена ребристой преграды в размыкателе на проволочный соленоид, приводит к уменьшению тока в нагрузке на  $\sim 15$  % и увеличению времени нарастания тока в 1,4 раза, а сопротивление ВРТ уменьшается в  $\sim 2,5$  раза.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке и конструировании устройств на основе взрывных источников импульсной энергии.

### Литература

1. Агапов А. А., Борискин А. С., Володченков С. И. и др. Устройство осевого инициирования цилиндрических зарядов взрывчатого вещества // XVI научно-техническая конференция «Молодежь в науке». Сборник тезисов. Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2017. С.31.
2. Голосов С. Н., Демидов В. А., Казаков С. А. и др. Испытание устройства на основе дискового взрывамагнитного генератора ДВМГ480 с взрывным размыкателем тока // Проблемы физики высоких плотностей энергии. Под ред. Гаранина С. Г., Селемира В. Д., Соловьева В. П. Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2017. Т. 2. С. 223–228.
3. Бабичев А. П., Бабушкина Н. А., Братковский А. М. и др. Физические величины (справочник). Под ред. И. С. Григорьева, Е. З. Мейлихова М.: Энергоатомиздат, 1991. С. 1232.