

04;10;12

Инверсный плазменный прерыватель тока

© В.Г. Корнилов, С.Ю. Корнилов, Д.А. Орлов, В.Д. Селемир,
Д.А. Толшмяков, А.А. Хижняков, В.И. Челпанов

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научный
исследовательский институт экспериментальной физики, Саров

Поступило в Редакцию 4 ноября 2004 г.

Описаны результаты исследования нового типа инверсного плазменного прерывателя тока (ППТ), работающего в области токов 300–400 кА при длительности нарастания $\sim 1 \mu\text{s}$. Скорость спада тока достигает величины $8 \cdot 10^{12} \text{ A/s}$. Плазменный прерыватель тока работает как при отрицательной, так и при положительной полярности центрального электрода.

Введение. В широко используемых плазменных прерывателях тока (ППТ) межэлектродная плазменная перемычка создается инжекцией плазмы от внешнего электрода к внутреннему. Недавно [1] предложено устройство, названное инверсным плазменным прерывателем тока, в котором инжекция плазмы производится из области внутреннего электрода по направлению к внешнему. Данный способ дает возможность формировать азимутально более однородный плазменный слой, что позволяет надеяться на лучшее качество работы ППТ как ключа. Мы исследуем инверсный ППТ, в котором плазма также инжектируется от центрального электрода к внешнему, но способ генерации плазмы традиционный — с помощью плазменного инжектора.

Установка. В качестве источника тока используется драйвер в составе емкостного накопителя и передающей линии. Основные характеристики драйвера: емкость $8 \mu\text{F}$, зарядное напряжение до 85 кВ, индуктивность токового контура, включающего ППТ, составляет 175 нН, начальная скорость роста тока — около 0.5 кА/нс.

На рис. 1 приведено схематическое изображение камеры, содержащей ППТ и плазмод. В экспериментах использовалась цилиндрическая плазменная камера с внутренним диаметром 240 мм, диаметр центрального электрода 65 мм. Газоплазменный коаксиальный инжектор [2] располагается в торцевом фланце камеры. С помощью импульсного газового клапана производится напуск газа в межэлектродное пространство инжектора, после чего включается инжекторная батарея.

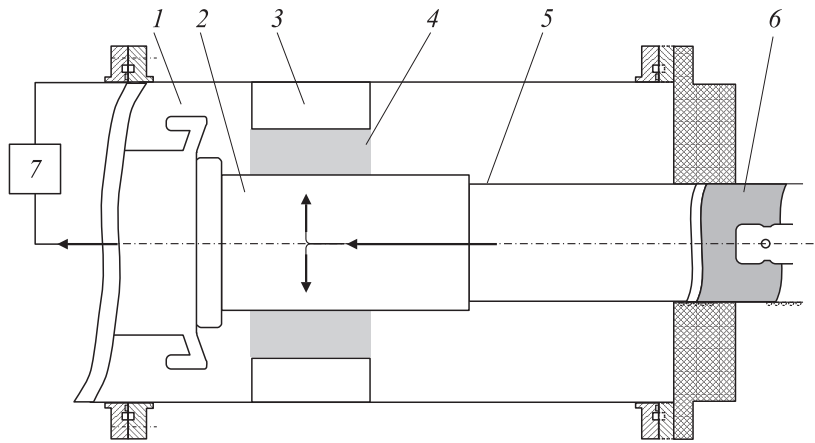


Рис. 1. Плазменный прерыватель тока с обращенной инжекцией плазмы. 1 — вакуумная камера ППТ, 2 — центральный электрод, 3 — внешний электрод, 4 — плазменный слой ППТ, 5 — плазмовод, 6 — плазменный инжектор, 7 — драйвер.

Плазмообразующий газ — воздух или азот. Плазмовод — металлическая труба, введенная внутрь центрального электрода. Плазменная струя по плазмоводу поступает внутрь центрального электрода плазменного прерывателя тока, где с помощью формирующей системы аксиальное направление плазмы преобразуется в радиальное. Через щели или сетку плазменный поток входит в межэлектродный зазор плазменного прерывателя тока азимутально-однородным слоем. Зазор плазменного прерывателя тока ограничивался анодной вставкой, собранной из двух колец и цилиндрической металлической сетки. Режим работы плазменного инжектора и задержка включения генератора импульсных токов подбирались такими, чтобы критический ток находился в диапазоне 300–400 кА. Продолжительность роста тока на уровне $1 \mu\text{s}$. В ходе экспериментов токи измеряли поясами Роговского.

Экспериментальные результаты. Срывы тока ППТ наблюдались как при положительной, так и при отрицательной полярности центрального электрода.

На рис. 2 приведены осциллограммы тока в двух сечениях между генератором тока в ППТ при отрицательной полярности центрального электрода. На стадиях проводимости, скачка сопротивления плазмы и на

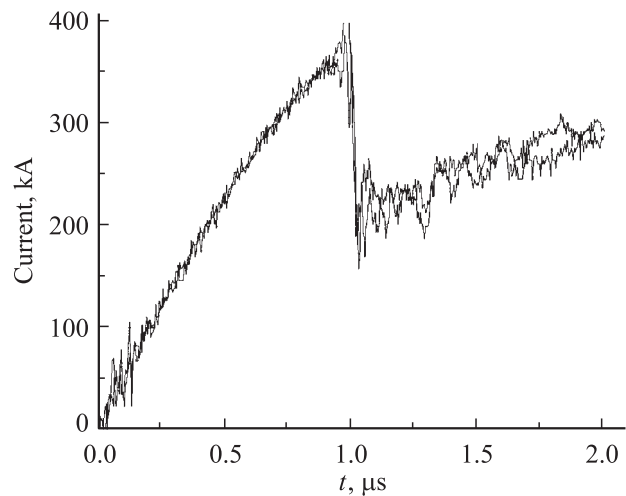


Рис. 2. Токовые осциллограммы.

следующей стадии токи в этих сечениях совпадают. На стадии проводимости сопротивление плазмы составляет $\sim 25 \text{ m}\Omega$ (это сопротивление получено подбором функциональной зависимости тока колебательного контура к экспериментальной осциллограмме). В этом импульсе ток через плазму составил 360 kA за $0.9 \mu\text{s}$, глубина спада — 150 kA , скорость спада составила $8 \cdot 10^{12} \text{ A/s}$. Высокое сопротивление плазмы сохраняется в течение последующего длительного периода, что видно из приведенных осциллограмм. Характер эрозии центрального электрода свидетельствует о высокой однородности плазмы в области плазменного прерывателя тока.

Заключение. Реализован новый способ формирования плазменного слоя ППТ. Достоинством описанного способа является возможность использования одного плазменного инжектора, вынесенного из плазменной камеры, при обеспечении азимутальной однородности плазмы в плазменном прерывателе. Скорость спада тока достигает величины $8 \cdot 10^{12} \text{ A/s}$ при начальной скорости роста около $0.5 \cdot 10^{12} \text{ A/s}$, т.е. отношение этих величин превышает $K = 15$. Высокое качество работы ППТ (высокая скорость спада, большая глубина и сохранение высокого сопротивления ППТ в течение более микросекунды) обеспечивается без внешнего магнитного поля.

Срывы тока ППТ наблюдались в диапазоне 300...400 кА как при положительной, так и при отрицательной полярности центрального электрода.

Список литературы

- [1] *Moshella J.J., Hazelton R.C., Vidoli C.* et al. // IEEE Trans. on Plasma Sci. 2000. V. 28. N 6. P. 2247–2255.
- [2] *Borovkov V.V., Volkov E.P., Zhdanov V.S.* et al. // The 13th IEEE Intern. Pulsed Power Conf. 2001. Las Vegas, Nevada USA. P. 1458.