

РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОГО УСКОРИТЕЛЯ С ЭНЕРГОЕМКОСТЬЮ 2 МДж

*Ю. В. Щербаков, Е. Б. Смирнов, Г. Д. Домашенко, А. С. Лобачев,
Ю. В. Тарасов, Д. С. Боярников*

ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина», Снежинск

В докладе представлен опыт создания комбинированного электродинамического ускорителя (ЭДУ) калибром 40 мм с энергоемкостью 2 МДж для ускорения твердых тел массой 10–40 г до скоростей 5 км/с. Ускоритель сформирован на основе трех последовательно соединенных гальванически развязанных ускорительных вакуумируемых секций рельсотронного типа с независимым энергоподводом к каждой секции. Рельсотронная часть ЭДУ предваряется секцией газокINETического квазистатического ускорения умеренной производительности с рабочим легким газом или воздухом. По результатам численного моделирования в рамках электротехнической модели с токопроводящим якорем в твердой фазе с возможностью перехода в плазменный поршень оптимальные параметры секций ЭДУ определены в части длин канала и энергоемкости генераторов импульсных токов (ГИТ) как: 3 м, 500 кДж (стартовая секция); 6–9 м, 1 МДж (разгонная секция); 6–9 м, 500 кДж (секция доускорения). Эти секции обеспечивают главный энерговклад в ускорение. Секция газокINETического предускорения, обеспечивающая общий энерговклад не более 1–3 %, позволяет сэкономить 15–20 % энергии рельсотрона ЭДУ благодаря исключению начальной фазы электродинамического ускорения до скоростей около 500–1000 м/с при невысокой мощности энерговклада рельсотрона при невысоких скоростях.

Силовая установка ЭДУ общей энергоемкостью 2 МДж формируется на основе типовых ГИТ с энергоемкостью емкостных накопителей энергии 250 кДж, работающих на экстремально низкую активную нагрузку 1–3 мОм и реализованных в виде двухконтурной схемы с малоиндуктивным кроубаром и формирующим индуктивным реактором с индуктивностью 15–30 мкГн. Индуктивность первичного контура в сумме с цепями связи емкостного накопителя на основе конденсаторов ИЭП-24-290 и малоиндуктивного кроубарного диодного столба на основе диодов серии Д193 составляет не более 0,5 мкГн. Масштабирование ячеек ГИТ до общей энергоемкости ЭДУ 2 МДж осуществляется путем параллельного соединения ячеек и их подключения к общей нагрузке по заданному алгоритму, при этом их взаимное негативное влияние друг на друга составляет не более нескольких единиц процентов благодаря выбранной схемотехнике ячеек ГИТ. Коммутация типовых ячеек ГИТ осуществляется с помощью разрядников РВУ-52, РВУ-63 с заданным сдвигом по времени в каждой секции ускорения, позволяющим формировать требуемую форму и амплитуду импульсов тока до 500 кА при длительности до 3–5 мс.

В докладе представлены результаты предварительных испытаний унифицированной ячейки ГИТ, а также результаты измерений скорости тел массой 12 и 30 г в открытом канале в атмосферном воздухе длиной 0,6 м калибром 40 мм. Испытания ячейки ГИТ проведены при энергии накопителя до 130 кДж, рабочие токи ячейки ГИТ на нагрузке 4–5 мОм составили до 150 кА при длительности 2–3 мс. Скорость тел массой 12 и 30 г составила 1300 и 350 м/с при энергии накопителя 45 и 130 кДж соответственно.
