

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ УСКОРИТЕЛИ МАСС

Никитин Е.А., Науменко В.И., Дехтерёнок М.В., Драневский Д.В.
Научный руководитель – Маркова Л.В., д.т.н., профессор

Электромагнитный ускоритель масс – общее название систем для ускорения объектов с помощью электромагнитных сил. Электромагнитные ускорители масс подразделяются на следующие виды: индукционный ускоритель (катушка Томпсона), магнитно-импульсная пушка, импульсный электродный ускоритель масс (рельсотрон) и электромагнитный ускоритель масс (пушка Гаусса) [1].

Цель работы – проанализировать работу электромагнитных ускорителей масс и экспериментально исследовать эффективность пушки Гаусса.

Катушка Томпсона работает на основе взаимодействия вихревых токов, индуцируемых переменным магнитным полем в замкнутом проводящем диске (снаряде), с током, создающим это магнитное поле. Катушка Томпсона обладает высоким КПД.

Магнитно-импульсная пушка представляет собой систему, состоящую из мощного магнита и нескольких шариков, установленных на рельс. При приближении к магниту ещё одного шарика, крайний шарик на другом конце цепочки внезапно отлетит. Объясняется это законом сохранения импульса, согласно которому импульс шарика, ударившегося о магнит, передаётся по цепочке другим шарикам. Таким образом, достоинством данной конструкции является её простота и отсутствие дефицитных деталей. Недостатком же является то, что для создания мощного импульса требуется относительно дорогая магнитная система [2].

Импульсный электродный ускоритель масс (рельсотрон) разгоняет токопроводящий снаряд вдоль двух металлических направляющих с помощью силы Ампера (рис. 1). На рельсы подается мощнейший токовый импульс. Сила разряда превышает энергию молнии более чем в сотню раз. Между рельсами (электродами) загорается плазменная дуга. От одного рельса к другому через плазму течет ток. Ток вызывает возникновение сильного электромагнитного поля. Так как рельсы закреплены жестко, то единственным подвижным элементом системы является плазма, через которую, как через обычный металлический проводник, продолжает течь ток. Под действием силы Лоренца этот проводник (плазма) начинает быстро перемещаться вдоль ствола. Достоинством рельсотрона является сравнительно небольшие размеры снарядов, дальность эффективного огня рельсотрона (до 200 км). Высокая скорость снаряда позволяет использовать рельсотрон в качестве средства противовоздушной обороны. Недостатком рельсотрона является то, что пробивная способность снаряда не превышает показатели обыкновенной артиллерии [1].

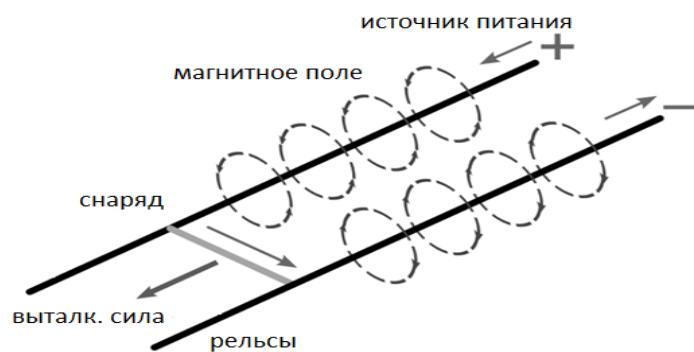


Рисунок 1. Рельсовый ускоритель масс

Пушка Гаусса по своим характеристикам относится к кинетическому оружию, принцип работы которого состоит в разгоне снаряда до высоких скоростей. Пушка Гаусса состоит из соленоида, внутри которого находится ствол. В один из концов ствола вставляется снаряд, изготовленный из ферромагнетика. При протекании электрического тока в соленоиде возникает электромагнитное поле, которое разгоняет снаряд, «втягивая» его внутрь соленоида. На концах снаряда при этом образуются полюсы, ориентированные согласно полюсам катушки, из-за чего после прохода центра соленоида снаряд притягивается в обратном направлении, то есть тормозится. Достоинства пушки состоят в отсутствии гильз и неограниченности в выборе начальной скорости и энергии боеприпаса, возможности бесшумного выстрела, в том числе без смены ствола и снаряда, а также относительно малой отдачи. Недостатками пушки Гаусса являются низкий КПД (25–30%), большой вес и габариты установки, а также медленная перезарядка.

В нашем эксперименте пушка Гаусса была представлена в виде установки, состоящей из трёх конденсаторов 6 (ёмкость каждого конденсатора 470 мкФ), диода 7, лампы накаливания 8 (60 Вт), аккумуляторной батареи 5, соленоида 1, тиристора 3, ключа 4, выключателя 9 и ствола 10, в который помещался металлический снаряд 2 (длиной 3,2 см) (рис. 2). Для наибольшего эффекта импульс тока в соленоиде должен быть кратковременным и мощным. Как правило, для получения такого импульса используются электролитические конденсаторы большой ёмкости и с высоким рабочим напряжением. Конденсаторы отдают всю энергию в течение очень короткого времени, до того, как снаряд достигнет центра катушки. В связи с тем, что электролитические конденсаторы полярные, существует опасность того, что они выйдут из строя из-за нарушения полярности. Задачу обеспечения безопасности конденсаторов выполняет диод [3]. В качестве мишеней были выбраны спичечный коробок и воздушный шар. Из результатов проведённого эксперимента было установлено, что снаряд массой 5 г пробивает воздушный шар, находящийся на расстоянии 2 м, а также

спичечный коробок, находящийся на расстоянии 20 см от ствола установки. Эффективность пушки зависит от ёмкости батареи конденсаторов: чем больше ёмкость, тем выше пробивная способность.

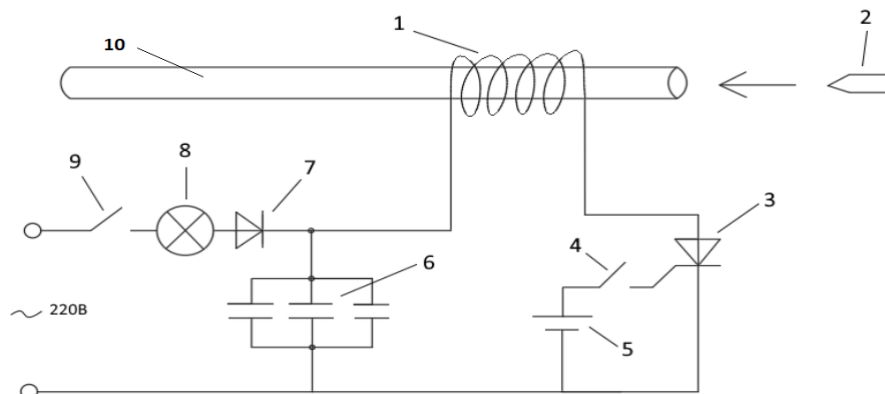


Рисунок 2. Схема установки пушка Гаусса: 1 – соленоид; 2 – металлический снаряд; 3 – тиристор; 4 – ключ; 5 – аккумуляторная батарея; 6 – батарея конденсаторов; 7 – диод; 8 – лампа накаливания (60 Вт); 9 – выключатель; 10 – ствол из диэлектрика

В результате анализа электромагнитных ускорителей масс и проведённого эксперимента следует, что наиболее перспективным ускорителем масс является рельсотрон, который отличается высоким КПД. General Atomics разработала рельсовое орудие, способное доставлять снаряд весом в 10 кг на расстояние более 200 км со средней скоростью около 2000 м/с. Военно-морской флот США уже в 2020 году планирует оснастить боевыми рельсотронами эсминцы серии DDG-1000 «Zumwalt». Работа по созданию рельсотрона активно ведётся и в России. Его использование предполагается в космонавтике для вывода на орбиту полезных грузов.

У электромагнитного ускорителя масс типа пушки Гаусса большие перспективы в применении в качестве инструмента в гражданском строительстве, в частности, при создании строительных инструментов пистолетного типа.

Литература

1. Сухачёв К.И., Сёмкин Н.Д., Пияков А.В. Ускорители твёрдых тел // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2014. Т. 17, № 2. С. 49-58.
2. Буль О.Б. Методы расчета магнитных систем электрических аппаратов: Магнитные цепи, поля и программа FEMM: Учебное пособие для вузов/ О.Б. Буль. – М.: Академия, 2005. – С.191.
3. Мощные полупроводниковые приборы: Справочник/ В.Я. Замятин, Б.В. Кондратьев, В.М. Петухов. – М.: Радио и связь, 1988. – С. 336.