

А.П. Корнеев, Р.Я. Давлетбаев
(г. Могилев, Белорусско-Российский университет)
A.P. Korneev, R.Ya. Davletbaev (Mogilev, Belarusian-Russian University)

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО УСКОРИТЕЛЯ МАСС ГАУССА

DEVELOPMENT OF ELECTROMAGNETIC ACCELERATOR OF THE MASSES OF GAUSS

Рассмотрены виды ускорителей масс Гаусса. Представлены формулы для расчета пушки Гаусса. Рассмотрены трудности применения пушки Гаусса. Представлены преимущества и недостатки применения пушки Гаусса.

The types of Gauss mass accelerators are considered. Formulas for calculating a Gaussian gun are presented. The difficulties of using a Gauss gun are considered. The advantages and disadvantages of using a Gauss gun are presented.

Ключевые слова: электромагнитный ускоритель масс, рельсотрон, пушка Гаусса.

Keywords: electromagnetic mass accelerator, railgun, Gaussian gun.

Существует два вида ускорителей масс Гаусса: рельсотрон и пушка Гаусса.

Рельсотрон состоит из двух параллельных рельс, подключенных к источнику постоянного тока высокой мощности. Разгоняемая “снаряд” располагается между электродами, замыкая электрическую цепь, и приобретает ускорение по закону Ампера. Сила Ампера действует и на электроды, приводя их к взаимному отталкиванию [1].

При создании рельсотрона мы можем столкнуться со списком трудностей: 1) импульс тока должен быть высокой мощности;

2) импульс тока должен быть как можно меньшей длительности (чтобы снаряд не был уничтожен до возникновения ускоряющей силы разгоняющей его). На снаряд или плазму так же действует сила Ампера. Важна сила тока для получения необходимой индукции магнитного поля, и важен сам ток, протекающий через снаряд (перпендикулярно силовым линиям индукции магнитного поля). Для протекания тока через снаряд материал снаряда (часто используется ионизированный газ сзади лёгкого полимерного снаряда) и направляющие должны обладать [2]:

-как можно более высокой электропроводностью,

-снаряд — как можно меньшей массой,

-источник тока — как можно большей мощностью и меньшей индуктивностью.

Одну из разновидностей электромагнитного ускорителя масс называют пушка Гаусса. Которая названа по имени немецкого учёного Карла Гаусса, заложившего основы математической теории электромагнетизма [1].

Пушка Гаусса состоит из катушки(соленоида), внутри которого находится ствол (как правило, из диэлектрика стекло, пластмасса, керамика и т.д.). В одну сторону “стволика” (ближней к катушке) вставляется ферромагнитный снаряд (железо). При поступлении электрического тока в цепь соленоида вокруг его возникает электромагнитное поле, которое и разгоняет снаряд, «втягивая» его внутрь соленоида(электромагнитное поле активно пока снаряд не достигнет середины длины катушки) [2].

Так как на концах снаряда при воздействии магнитного поля образуются полюса, ориентированные согласно полюсам катушки, из-за чего после прохождения снарядом центра соленоида он притягивается в обратном направлении, то есть тормозится.

Если в тот момент, когда снаряд окажется в середине соленоида ток в нем отключить, то втягивающее магнитное поле исчезнет и снаряд, набравший скорость, свободно вылетит через другой конец обмотки. Чтобы снаряд вылетел с как можно более высокой скоростью необходимо иметь как можно более высокий ток и как можно меньшее время отключения магнитного поля при достижении снарядом центра катушки.

В пушке Гаусса разгоняемая масса (снаряд) проходит через магнитную катушку (соленоид) вследствие разрядки на его емкости конденсатора. Причем разгоняемая масса должна быть ферромагнетика, а ствол из диэлектрика. Для разгона снаряда до более высоких скоростей можно использовать несколько соленоидов, что скажется на габаритных размерах и электропотреблении устройства [3].

Энергия, запасаемая в конденсаторе, рассчитывается по формуле:

$$W = \frac{C \cdot U^2}{2}$$

Кинетическая энергия снаряда (пули), рассчитывается по формуле:

$$E = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Время разряда конденсаторов, рассчитывается по формуле:

$$t = \frac{\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}{2}$$

Время работы катушки индуктивности, рассчитывается по формуле:

$$t = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$$

Число витков соленоида можно рассчитать как вручную, пользуясь формулами так и при помощи программы femm, которая находится в общем доступе, в сети интернет.

Параметры обмотки, снаряда и конденсаторов должны быть согласованы таким образом, чтобы при выстреле к моменту подлета снаряда к середине обмотки ток в последней уже успевал бы уменьшиться до минимального значения, т.е. заряд конденсаторов был бы уже полностью израсходован. В таком случае КПД одноступенчатого электромагнитного ускорителя будет максимальным.

Рассчитаны все элементы электрические и механические параметры экспериментальной установки. Собран действующий опытный образец, который представлен на конференции. Также продемонстрировано полноценное функционирование данного устройства.

На практике же Гаусс пушка представляет собой катушку с определенным количеством витков медной проволоки и конденсатор (либо любой другой элемент способный накапливать и испускать накопленную электрическую энергию за ничтожно малый промежуток времени). Внутри трубки устанавливается железный снаряд (часто гвоздь со спиленной шляпкой либо железная или стальная болванка определенных размеров) и предварительно заряженный конденсатор, который при помощи электрического ключа замыкается на обмотку [2].

Пушка Гаусса по сравнению с другими видами стрелкового вооружения имеет ряд преимуществ. Это отсутствие гильз и неограниченность в выборе начальной скорости и энергии боеприпаса, возможность бесшумного выстрела (если скорость достаточно обтекаемого снаряда не превышает скорости звука) в том числе без смены ствола и боеприпаса, практически полное отсутствие отдачи (если нет дополнительного импульса от пороховых газов или движущихся частей), теоретически, большая надёжность и, в теории, износостойкость, а также возможность работы в любых условиях, в том числе в безвоздушном пространстве.

Однако, несмотря на кажущуюся простоту и надёжность пушки Гаусса, использовать её в качестве оружия нецелесообразно и имеет ряд трудностей, главная из которых: большие затраты энергии [3].

Первая и основная трудность — низкий КПД. Лишь 1-7 % заряда энергии конденсаторов переходят в кинетическую энергию снаряда. Этот недостаток можно компенсировать использованием многоступенчатой системы разгона снаряда, но в любом случае КПД редко достигает 27 %.

Вторая трудность — большой расход энергии (из-за низкого КПД).

Третья трудность (следует из первых двух) — большой вес и габариты установки при её низкой эффективности(из-за несовершенства технологий).

Четвёртая трудность — достаточно длительное время накопления батареи конденсаторов заряда, что заставляет вместе с пушкой Гаусса носить и источник питания (как правило, мощную аккумуляторную батарею), а также высокая их стоимость.

Теоретически можно увеличить КПД установки, используя сверхпроводящие элементы, но тогда потребуется система охлаждения, которая так же внесет ряд трудностей. Или же использовать заменяемые батареи конденсаторов.

Пятая трудность — с увеличением скорости снаряда время действия магнитного поля, за время пролёта снарядом соленоида, существенно сокращается, что приводит к необходимости не только заблаговременно включать каждую следующую катушку многоступенчатой системы, но и увеличивать мощность её поля пропорционально сокращению этого времени.

Электромагнитный ускоритель масс Гаусса упоминается как в произведениях так и во многих видеоиграх таких как: STALKER-Гаусс Пушка, CRYSIS, fallout, starcraft–Карабин Гаусса, Battlefield – Railgun, DOOM, и т.д. хотя в последних двух случаях это более рельсотрон чем Пушка Гаусса [3].

Вывод: Электромагнитный ускоритель масс Гаусса перспективное устройство, но в реалиях настоящего времени полезное в качестве стационарного устройства или лабораторного стенда, это связано с несовершенством технологий. Чтобы поднять характеристики устройства (скорость снаряда) требуется увеличить ёмкость батареи и конденсаторов и также их номинальное напряжение и использовать несколько катушек для разгона. Неотъемлемым плюсом являются практически полное отсутствие отдачи и бесшумный “выстрел”.

Список литературы

1. *Агеев, А.* Электромагнитная пушка: оружие будущего // Сайт Техкульт, 21 августа 2014.
2. Реактивное движение при газовом разряде от внешнего токопровода (рус.) // Письма в ЖТФ. – 1989. – Т. 13, № 15.
3. *Титков, О.* Магнитные войны // Популярная механика. – 2017. – № 7. – С. 76-80.

Материал поступил в редколлегию 06.10.19.