

УДК 621.314.26

**М.А. Подалов***Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины***МЕТОДИКА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ НА БАЗЕ  
ТРАНСФОРМАТОРА ТЕСЛА**

*В статье рассматривается методика изготовления демонстрационной лабораторной установки ионного двигателя на базе трансформатора Тесла. Установка состоит из двух катушек с различными радиусами витков, толщиной проволоки и плотностью витков намотки проволоки, управляющей схемы, алюминиевого пропеллера и блока питания. Демонстрационная установка успешно проверена на работоспособность и может использоваться для демонстрации работы ионного двигателя.*

**Ключевые слова:** *Электрический ток, ионный двигатель, трансформатор Тесла, демонстрационная установка.*

**Постановка проблемы.** Ионный двигатель является первым хорошо отработанным на практике типом электрического ракетного двигателя. Концепция ионного двигателя была выдвинута в 1917 году Робертом Годдардом, а в 1954 году Эрнст Штулингер детально описал эту технологию, сопроводив её необходимыми вычислениями.

Настоящая ситуация характеризуется отсутствием каких-либо наглядных установок позволяющих наглядно продемонстрировать работу ионного двигателя в рамках учебного процесса, либо они выполнены в единичных экземплярах энтузиастами. В тоже время в космонавтике ионные двигатели получили довольно широкое распространение, к примеру, ионный двигатель использовался в космическом аппарате Deep Space 1 в качестве маршевого двигателя. Европейский зонд Smart-1 и японский аппарат Хаябуса так же имели ионные двигатели. Маршевыми двигателями обладали зонды Dawn и GOCE [1].

Целью нашей работы была разработка лабораторной установки ионного двигателя на базе трансформатора Тесла, для демонстрации явления ионной тяги.

**1 Разработка лабораторной установки.** Принцип работы ионного двигателя основан на ионизации газа и его разгоне электростатическим полем. Так как электростатическое поле может разогнать ионы до очень высоких скоростей (в вакууме), порядка нескольких сотен км\с, то самого рабочего вещества передающего импульс двигателю нужно очень мало, хотя разгон до высоких скоростей в космосе требует много времени, относительно химических ракетных двигателей [2].

Для изготовления ионного двигателя нужен высоковольтный трансформатор, на его роль был выбран трансформатор Тесла. Собирался трансформатор по схеме представлен на рисунке 1. Катушка L2 состоит из 700 витков медной проволоки сечением 0,3 мм, диаметр катушки 30 мм. Первичная обмотка L1 состоит из 4 витков медной проволоки, сечением 1 мм, диаметр 70 мм. Транзистор VT1 это транзистор КТ805А – в металлическом исполнении, для лучшей теплоотдачи. Резистор R1 и R2 по 10 кОм и 47кОм соответственно. K1 – конденсатор емкостью 0,05 мкФ и рассчитанный на напряжение в 160 В.

Для точной юстировки вместо резисторов R1 и R2 можно поставить реостаты номиналом в 100 кОм. При запитанной схеме с помощью них можно получить лучший

эффект.

Сам ионный двигатель будет выглядеть как пропеллер с острыми концами сделанный из тонкого алюминия. Ионы будут отлетать от острых концов и пропеллер будет вращаться.

2 Изготовление демонстрационной установки ионного двигателя на базе трансформатора Тесла. Изготовление началось со стенда из дерева (сосны) – деревянная (диэлектрическая) подставка для генератора и первичной обмотки состоящей из 4 витков медной проволоки диаметром 70 мм.

Вторичная обмотка наматывалась на пластиковую трубку диаметром 30 мм, проволокой диаметром 0.3 мм и покрыта лаком, для электроизоляции.

На конец проволоки напаивалась игла, для крепления на нее ионного двигателя, затем катушка устанавливается на стенд, а игла закреплена на верху катушки посредством пластиковой пробки. Транзистор VT1 устанавливается на радиатор, так как в процессе работы он сильно нагревается и возможен тепловой пробой. Остальные радиодетали припаиваются согласно схеме, в целях упрощения конструкции монтажная плата не применялась. Из алюминиевой фольги был сделан пропеллер – ионный двигатель, далее пропеллер устанавливается на иглу и установка готова (рисунок 2).

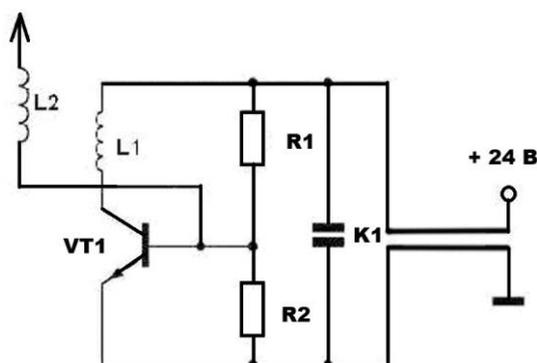


Рис. 1. Принципиальная схема устройства беспроводной передачи энергии методом магнитной индукции

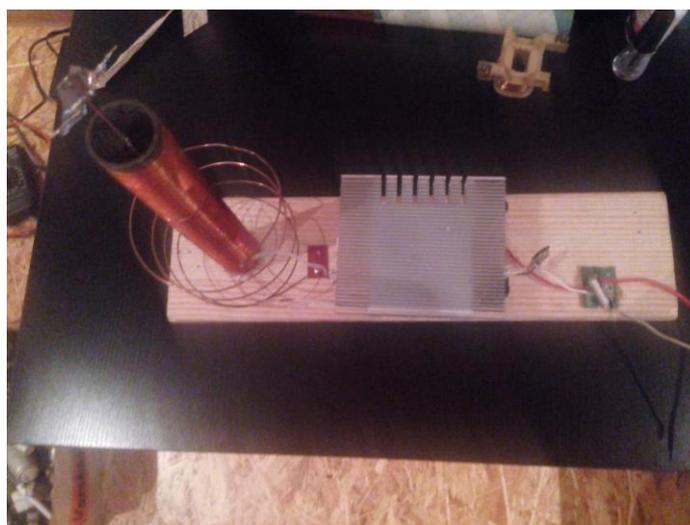


Рис. 2. Собранная установка

3 Проверка работоспособности ионного двигателя. Для проверки работоспособности установки подключаем установку в сеть 24 В с силой тока в цепи 0,5 А. Между охлаждающим и работающими элементами наносится термопаста КПТ-8 и перезванивается с помощью мультиметра вся цепь, на выявление неисправностей. Проверять работоспособность катушки можно с помощью люминесцентной лампы, при поднесенной лампе к трансформатору лампа загорается, следовательно установка работает в штатном режиме. Для появления заряда не хватает напряжения. Далее тумблер устанавливается на положение 24 В. И сразу после включения можно наблюдать визуальный эффект ионизации воздуха – сопровождающийся запахом газа озона (рисунок 3).



Рис. 3. Проверка на напряжении в 24В

Далее предстоит испытать ионный двигатель, на иглу-крепление устанавливается алюминиевый пропеллер и запускается установка (рисунок 4).

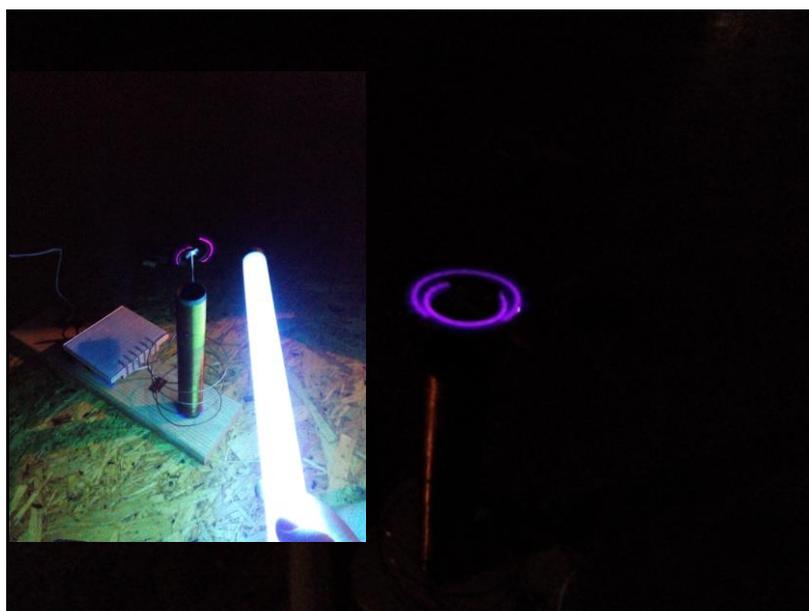


Рис. 4. Ионный двигатель, на врезке представлена проверка работоспособности двигателя с помощью люминесцентной лампы

На рисунке 21 и 22 видно вращение ионного двигателя. Газ на кончиках лопастей ионизируется и толкает тело придавая ему вращение. Еще одним эффектом можно назвать электронное жужжание и звук искр от крутящегося пропеллера. При работе от 24 В охлаждение практически не нагрелось, что подтверждает теорию о том, что на устройство можно подать порядком 160 В и наблюдать более сильный эффект.

**Выводы.** Разработана демонстрационная установка ионного двигателя на базе трансформатора Тесла, демонстрационная установка ионного двигателя проверена на работоспособность. Установка надежна в эксплуатации и уже второй год используется в качестве демонстрационного пособия в учебном процессе и профориентации школьников. Данная лабораторная установка может использоваться в учебном процессе для демонстрации

физических эффектов связанных с ионной тягой.

Автор выражает благодарность за помощь разработке Думенкову В.В.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ионный двигатель // [Электронный ресурс]. – 2017. – режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Ионный\\_двигатель](https://ru.wikipedia.org/wiki/Ионный_двигатель) – Дата доступа 28.02.2017.
2. Кубин Ю.Р. Электрические ракетные двигатели / Ю.Р. Кубин. - М.: Высшая школа, 1981. - 422 с.

**Maxim Podalov**

*Gomel State University*

#### METHOD OF MANUFACTURING ION ENGINE ON THE BASIS OF TRANSFORMER TESLA

*The article discusses the development of a demonstration laboratory facility of the ion engine based on the Tesla transformer. The facility was formed by two coils with different radius of turns, wire thickness and density of wire winding turns, control scheme, aluminum propeller and power unit. The demonstration facility has been successfully tested for operation and can be used to demonstrate the operation of the ion engine.*

**Keywords:** *Electric current, ion engine, Tesla transformer, demonstration facility.*

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

**Подалов Максим Александрович** – магистр естественных наук, ассистент кафедры общей физики, учреждение образования Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины (Гомель, Беларусь).

**Научные интересы:** мехатроника и информационные технологии обучения.

УДК [378.147.091.33:004]:53

**А.М. Сільвейстр**

*Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського*

#### ВИКОРИСТАННЯ ТАБЛИЧНОГО ПРОЦЕСОРУ MICROSOFT OFFICE EXCEL НА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТТЯХ З ФІЗИКИ У МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ХІМІЇ І БІОЛОГІЇ

*В статті розглядаються питання пов'язані з використанням табличного процесору Microsoft Office Excel на практичних заняттях з фізики у підготовці майбутніх учителів хімії і біології. У порівнянні з традиційним підходом до проведення практичних занять, використання мультимедійних засобів під час розв'язування задач дозволяє істотно скоротити час на організацію і проведення занять, підвищує точність і наочність розв'язків, надає можливості обробляти та аналізувати значну кількість даних.*

*Використання студентами табличного процесору Microsoft Office Excel під час розв'язування задач полегшує розуміння фізичних явищ і процесів, підвищує інтерес до вивчення дисципліни «Фізика», розширює можливості навчальної діяльності у вивченні міждисциплінарних зв'язків у природничих дисциплінах, а також спрямовує їх діяльність на використання сучасних технологій навчання.*

**Ключові слова:** *практичні заняття, розв'язування задач, мультимедійні засоби, сучасні технології навчання, дисципліна «Фізика», міждисциплінарні зв'язки, навчальний процес, майбутні учителі хімії і біології, табличний процесор Microsoft Office Excel, комп'ютерні програмні засоби.*

**Постановка проблеми.** В теперішній час, завдяки впровадженню у практику ВНЗ і ЗНЗ сучасних технологій навчання, доведена важлива роль їх застосування під час проведення занять та у самостійній роботі. Впровадження сучасних технологій у навчальний процес дозволяє його удосконалити, раціоналізувати та оптимізувати. Оптимізація