КАТУШКА ТЕСЛА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ

Кошкин А.А.

г. Пермь, МБОУ «Гимназия № 17», 11 «Б» класс

Научный руководитель: Кочнева Л.С., учитель физики высшей категории, г. Пермь, МБОУ «Гимназия № 17»

О сколько нам открытий чудных
Готовят просвещенья дух
И опыт, сын ошибок трудных,
И гений, парадоксов друг,
И случай, бог изобретатель...

А.С. Пушкин

Актуальность темы

Экспериментальная физика имеет огромное значение в развитии науки. Лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать. Никто не будет спорить с тем, что эксперимент – это мощный импульс к пониманию сущности явлений в природе.

В наше время остро стоит вопрос о передаче энергии на расстояние, в частности передача энергии беспроводным способом. Здесь можно вспомнить идеи великого ученого Николы Тесла, который занимался этими вопросами еще в 1900х годах и добился внушительного успеха, построив свой знаменитый резонансный трансформатор – катушку Тесла. Вот и я решил разобраться в этом вопросе самостоятельно, попытавшись повторить эти эксперименты.

Цели исследовательской работы

– Собрать действующие катушки Тесла по транзисторной технологии (Class-E SSTC) и по ламповой технологии (VTTC)

– Пронаблюдать образование различных видов разрядов и выяснить, насколько они опасны.

– Передать энергию беспроводным способом, при помощи катушки Тесла

– Изучить свойства электромагнитного поля, генерируемого катушкой Тесла

– Изучить практическое применение катушки Тесла

Предмет исследования

Две катушки Тесла, собранные по разным технологиям, поля и разряды, генерируемые этими катушками.

Методы исследования:

– Эмпирические: наблюдение высокочастотных электрических разрядов, исследование, эксперимент.

– Теоретические: конструирование катушки Тесла, анализ литературы и возможных электрических схем сборки катушки.

Этапы исследования

– Теоретическая часть. Изучение литературы по проблеме исследования.

– Практическая часть. Изготовление трансформаторов Тесла и проведение опытов с построенным оборудованием.

Теоретическая часть

Изобретения Николы Тесла

Никола Тесла – изобретатель в области электротехники и радиотехники, инженер, физик. Родился и вырос в Австро-Венгрии, в последующие годы в основном работал во Франции и США.

Также он известен как сторонник существования эфира: известны многочисленные его опыты и эксперименты, целью которых было показать наличие эфира как особой формы материи, поддающейся использованию в технике. Именем Н. Тесла названа единица измерения плотности магнитного потока. Современники-биографы считали Тесла «человеком, который изобрёл XX век» и «святым заступником» современного электричества. Ранние работы Тесла проложили путь современной электротехнике, его открытия раннего периода имели инновационное значение.

В феврале 1882 года Тесла придумал, как можно было бы использовать в электродвигателе явление, позже получившее название вращающегося магнитного поля. В свободное время Тесла работал над изготовлением модели асинхронного электродвигателя, а в 1883 году демонстрировал работу двигателя в мэрии Страсбурга.

В 1885 году Никола представил 24 разновидности машины Эдисона, новый коммутатор и регулятор, значительно улучшающие эксплуатационные характеристики.

В 1888–1895 годах Тесла занимался исследованиями магнитных полей и высоких частот в своей лаборатории. Эти годы были наиболее плодотворными, именно тогда он запатентовал большинство своих изобретений.

В конце 1896 года Тесла добился передачи радиосигнала на расстояние 48 км.

В Колорадо Спрингс Тесла организовал небольшую лабораторию. Для изучения гроз Тесла сконструировал специальное

устройство, представляющее собой трансформатор, один конец первичной обмотки которого был заземлён, а второй соединялся с металлическим шаром на выдвигающемся вверх стержне. К вторичной обмотке подключалось чувствительное самонастраивающееся устройство, соединённое с записывающим прибором. Это устройство позволило Николе Тесле изучать изменения потенциала Земли, в том числе и эффект стоячих электромагнитных волн, вызванный грозовыми разрядами в земной атмосфере. Наблюдения навели изобретателя на мысль о возможности передачи электроэнергии без проводов на большие расстояния.

Следующий эксперимент Тесла направил на исследование возможности самостоятельного создания стоячей электромагнитной волны. На огромное основание трансформатора были намотаны витки первичной обмотки. Вторичная обмотка соединялась с 60-метровой мачтой и заканчивалась медным шаром метрового диаметра. При пропускании через первичную катушку переменного напряжения в несколько тысяч вольт во вторичной катушке возникал ток с напряжением в несколько миллионов вольт и частотой до 150 тысяч герц.

При проведении эксперимента были зафиксированы грозоподобные разряды, исходящие от металлического шара. Длина некоторых разрядов достигала почти 4,5 метров, а гром был слышен на расстоянии до 24 км.

На основании эксперимента Тесла сделал вывод о том, что устройство позволило ему генерировать стоячие волны, которые сферически распространялись от передатчика, а затем с возрастающей интенсивностью сходились в диаметрально противоположной точке земного шара, где-то около островов Амстердам и Сен-Поль в Индийском океане.

В 1917 году Тесла предложил принцип действия устройства для радиообнаружения подводных лодок.

Одним из его самых знаменитых изобретений является трансформатор (катушка) Тесла.

Трансформатор Тесла, также катушка Тесла – устройство, изобретённое Николой Тесла и носящее его имя. Является резонансным трансформатором, производящим высокое напряжение высокой частоты. Прибор был запатентован 22 сентября 1896 года как «Аппарат для производства электрических токов высокой частоты и потенциала».

Простейший трансформатор Тесла состоит из двух катушек – первичной и вторичной, а также разрядника, конденсаторов, тороида и терминала.

Первичная катушка обычно содержит несколько витков провода большого диаметра или медной трубки, а вторичная около 1000 витков провода меньшего диаметра. Первичная катушка вместе с конденсатором образует колебательный контур, в который включён нелинейный элемент – разрядник.

Вторичная катушка также образует колебательный контур, где роль конденсатора главным образом выполняют ёмкость тороида и собственная межвитковая ёмкость самой катушки. Вторичную обмотку часто покрывают слоем эпоксидной смолы или лака для предотвращения электрического пробоя.

Таким образом, трансформатор Тесла представляет собой два связанных колебательных контура, что и определяет его замечательные свойства и является главным его отличием от обычных трансформаторов.

После достижения между электродами разрядника напряжения пробоя, в нём возникает лавинообразный электрический пробой газа. Конденсатор разряжается через разрядник на катушку. Поэтому цепь колебательного контура, состоящего из первичной катушки и конденсатора, остаётся замкнутой через разрядник, и в ней возникают высокочастотные колебания. Во вторичной цепи возникают резонансные колебания, что приводит к появлению на терминале высокого напряжения.

Во всех типах трансформаторов Тесла основной элемент трансформатора – первичный и вторичный контуры – остается неизменным. Однако одна из его частей – генератор высокочастотных колебаний может иметь различную конструкцию.

Практическая часть

Катушка Тесла (Class-E SSTC)

Резонансный трансформатор состоит из двух катушек, у которых нет общего железного сердечника, – это нужно для создания низкого коэффициента связи. На первичной обмотке находится несколько витков толстого провода. На вторичную обмотку наматывают от 500 до 1500 витков. За счет такой конструкции катушка Тесла обладает таким коэффициентом трансформации, который в 10-50 раз больше, чем отношение количества витков на вторичной обмотке к количеству витков на первичной. При этом должно соблюдаться условие возникновения резонанса между первичным и вторичным колебательными контурами. Напряжение на выходе такого трансформатора может превышать несколько миллионов Вольт. Именно это обстоятельство и обеспечивает возникновение зрелищных разрядов, длина

которых может достигать сразу нескольких метров. В Интернете можно найти разные варианты изготовления источников высокой частоты и напряжения. Я выбрал одну из схем.

Установку я собирал сам на основе вышеуказанной схемы (Рис. 1). Катушка, намотанная на каркасе от пластмассовой (сантехнической) трубы с диаметром 80 мм. Первичная обмотка содержит всего 7 витков, провод диаметром 1 мм, был использован одножильный медный провод МГТФ. Вторичная обмотка содержит около 1000 витков обмоточного провода диаметром 0,15 мм. Вторичная обмотка мотается аккуратно, виток к витку. В результате получилось устройство производящее высокое напряжение при высокой частоте (рис. 2).

Большая катушка Тесла (VTTC)

Эта катушка собрана на базе генераторного пентода гу-81м по автогенераторной схеме, т.е. с самовозбуждением тока сетки лампы.

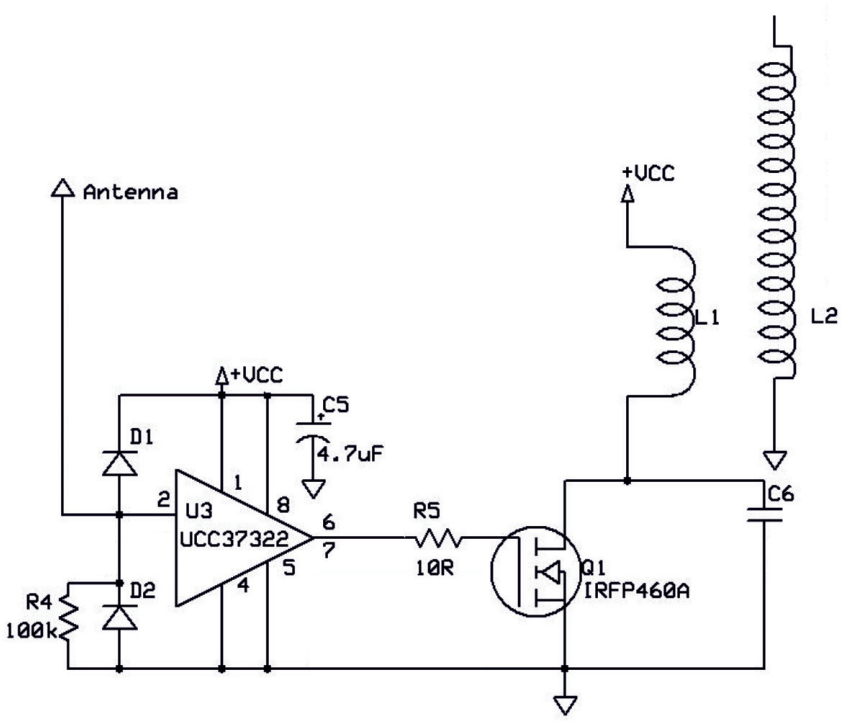

Рис. 1

Рис. 2

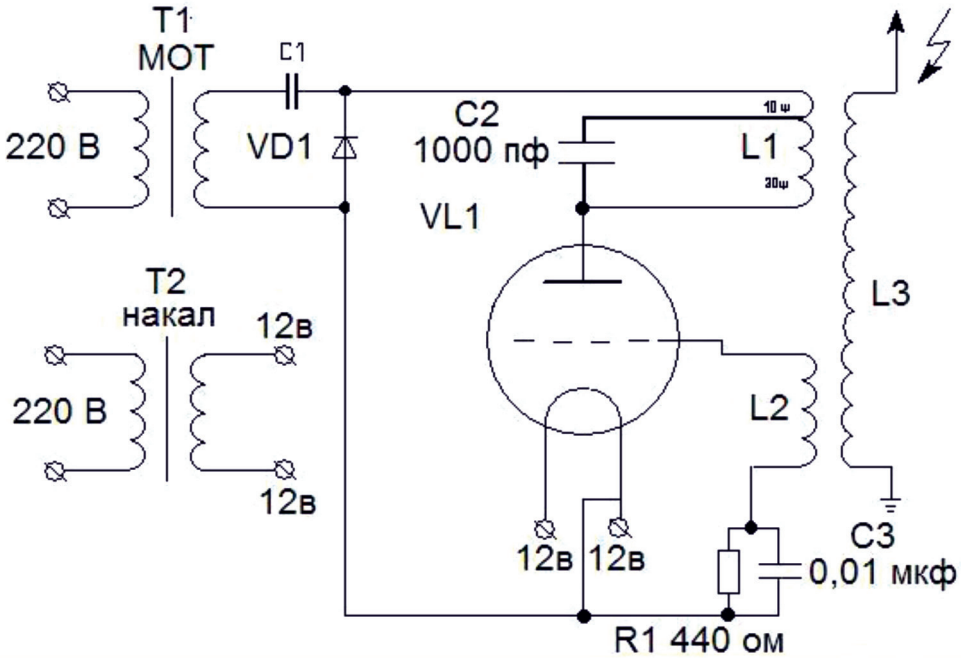

Рис. 3

Как видно по схеме (рис. 3), лампа подключена как триод, т.е. все сетки объединены между собой. Конденсатор C1 и диод VD1 образуют однополупериодный удвоитель. Резистор R1 и конденсатор C3 нужны для регулировки режима работы лампы. Катушка L2 нужна для возбуждения тока сетки. Первичный колебательный контур образуется из конденсатора C2 и катушки L1. Вторичный колебательный контур образован катушкой L3 и ее собственной межвитковой емкостью. Первичная обмотка на каркасе диаметром 16 см содержит 40 витков с отводами от 30, 32, 34, 36 и 38 витков, для подстройки резонанса. Вторичная обмотка содержит около 900 витков на каркасе диаметром 11 см. Сверху вторичной обмотки находится тороид, – он необходим для накопления электрических зарядов.

Обе этих установки (Рис. 2 и Рис. 3) предназначены для демонстрации высокочастотных токов высокого напряжения и способов их создания. Также катушки могут быть использованы для беспроводной передачи электрического тока. В ходе работы я продемонстрирую действие и возможности изготовленных мною катушек Тесла.

Экспериментальные опыты применения катушки Тесла

С готовой катушкой Тесла можно провести ряд интересных опытов, однако необходимо соблюдать правила безопасности**.** Для проведения опытов должна быть очень надежная проводка, вблизи катушки не должно быть предметов, должна быть возможность аварийно обесточить оборудование.

Рис. 3

Во время работы катушка Тесла создаёт красивые эффекты, связанные с образованием различных видов газовых разрядов.

Обычно люди собирают эти катушки для того, чтобы посмотреть на эти впечатляющие, красивые явления.

Катушка Тесла может создавать несколько видов разрядов:

– **Спарки** – это искровые разряды между катушкой, и каким либо предметом, производит характерный хлопок, из-за резкого расширения газового канала, как при природной молнии, но в меньшем масштабе.

– **Стримеры –** тускло светящиеся тонкие разветвленные каналы, которые содержат ионизированные атомы газа и отщепленные от них свободные электроны. Протекает от терминала катушки прямо в воздух, не уходя в землю. Стример – это видимая ионизация воздуха. Т.е. свечение ионов, которые образует высокое напряжение трансформатора.

– **Коронный разряд** – свечение ионов воздуха в электрическом поле высокого напряжения. Создаёт красивое голубоватое свечение вокруг высоковольтных частей конструкции с сильной кривизной поверхности.

– **Дуговой разряд** – образуется при достаточной мощности трансформатора, если к его терминалу близко поднести заземлённый предмет. Между ним и терминалом загорается дуга.

Некоторые химические вещества, нанесённые на разрядный терминал, способны менять цвет разряда. Например, натрий меняет голубоватый цвет разряда на оранжевый, бор – на зелёный, марганец – на синий, а литий – на малиновый окрас.

При помощи данных катушек можно провести ряд довольно интересных, красивых и эффектных экспериментов. Итак, начнем:

Опыт 1: Демонстрация газовых разрядов. Стример, спарк, дуговой разряд

Оборудование: катушка Тесла, толстая медная проволока.

Рис. 4

Рис. 5

При включении катушки, с терминала начинает выходить разряд, который в длину 5-7 мм

Опыт 2: Демонстрация разряда в люминесцентной лампе

Оборудование: катушка Тесла, люминесцентная лампа (лампа дневного света).

Рис. 6

Рис. 7

Наблюдается свечение в люминесцентной лампе на расстоянии до 1 м. от установки.

Опыт 3: Эксперимент с бумагой

Оборудование: катушка Тесла, бумага.

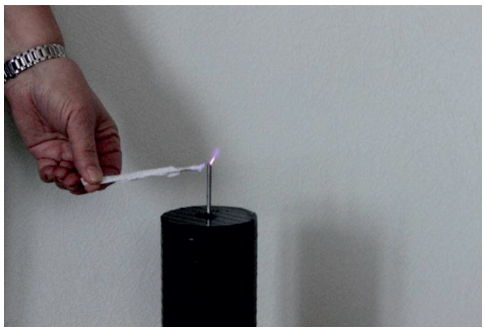

Рис. 8

Рис. 9

При внесении бумаги в разряд, стример быстро охватывает ее поверхность и через несколько секунд бумага загорается

Опыт 4: «Дерево» из плазмы

Оборудование: катушка Тесла, тонкий многожильный провод.

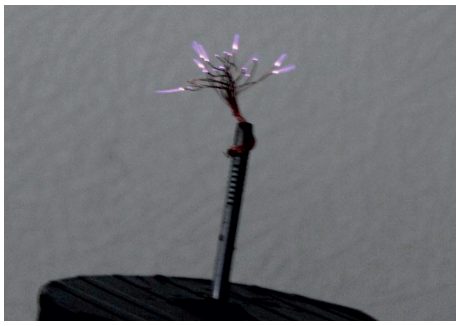

Рис. 10

Разветвляем жилы у заранее зачищенного от изоляции провода, и, прикручиваем к терминалу, в результате получаем «дерево» из плазмы.

Опыт 5: Демонстрация газовых разрядов на большой катушке Тесла. Стример, спарк, дуговой разряд

Оборудование: большая катушка Тесла, толстая медная проволока.

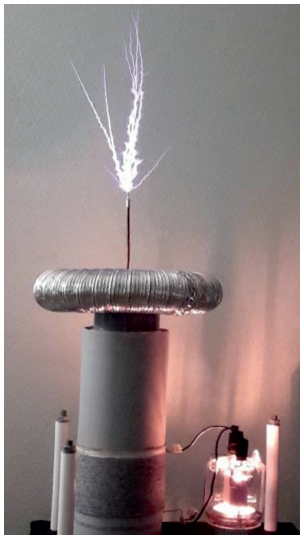

Рис. 11

Рис. 12

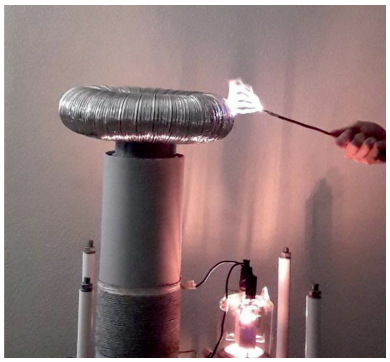

Рис. 13

При включении катушки, с терминала начинает выходить разряд, который в длину 45-50см, при поднесении предмета к тороиду – загорается дуга.

Опыт 6: Разряды в руку

Оборудование: большая катушка Тесла, рука.

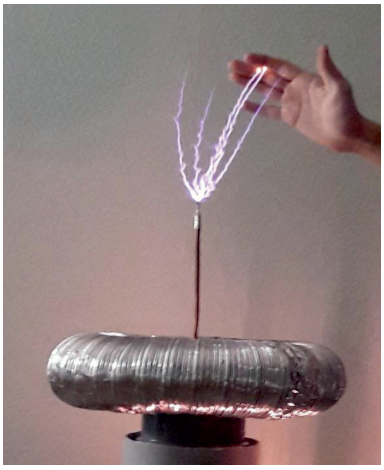

Рис. 14

Рис. 15

При поднесении руки к стримеру разряды начинают бить в руку, не причиняя боль

Опыт 7: Демонстрация газовых разрядов из предмета, находящегося в поле катушки Тесла.

Оборудование: большая катушка Тесла, толстая медная проволока.

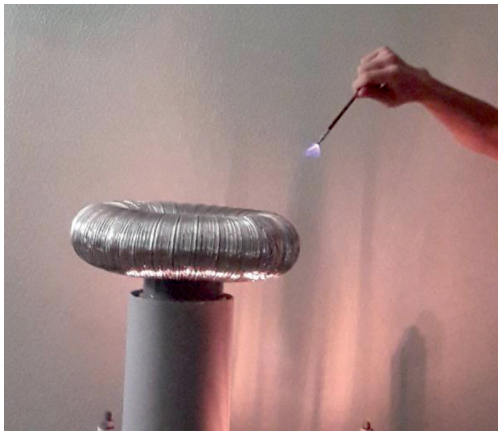

Рис. 16

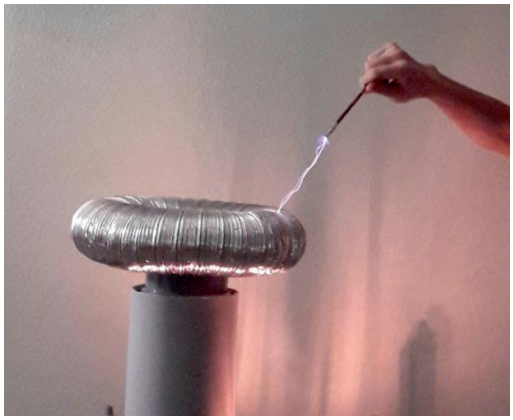

Рис. 17

Рис. 18

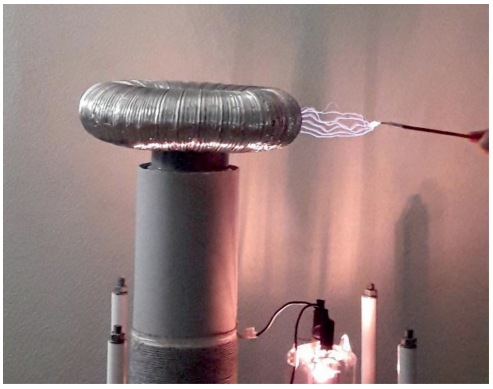

Рис. 19

При внесении медной проволоки в поле катушки Тесла (с убранным терминалом), происходит появление разряда из проволоки в сторону тороида.

Опыт 8: Демонстрация разряда в шаре, наполненного разреженным газом, в поле катушки Тесла

Оборудование: большая катушка Тесла, шар наполненный разреженным газом.

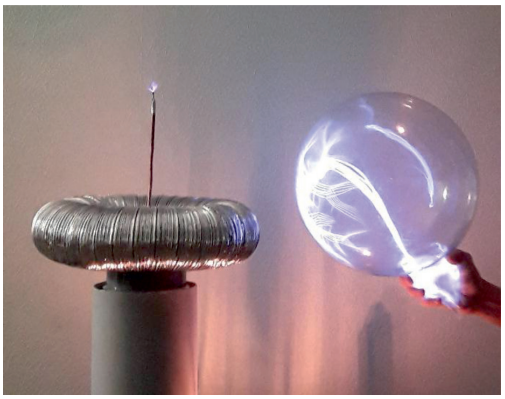

Рис. 20

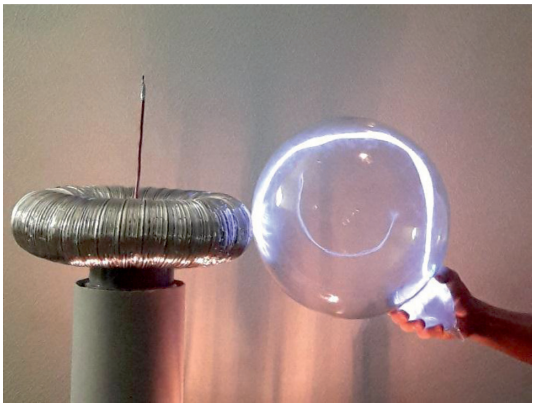

Рис. 21

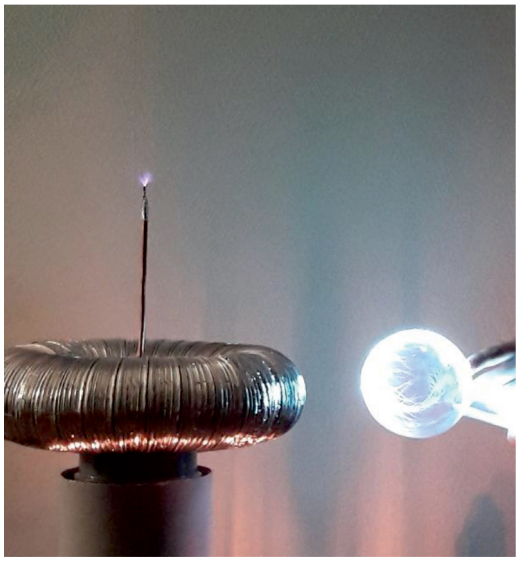

Рис. 22

Рис. 23

При внесении шара в поле катушки Тесла загорается разряд внутри шара.

Опыт 9: Демонстрация разряда в неоновых и люминисцентных лампах.

Оборудование: большая катушка Тесла, неоновые и люминисцентные лампы.

Рис. 24

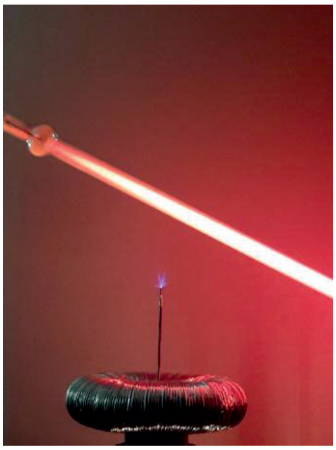

Рис. 25

При внесении лампы в поле катушки Тесла загорается разряд внутри неоновых и люминисцентных ламп на расстоянии до 1,5 м.

Опыт 10: Разряды из руки.

Оборудование: большая катушка Тесла, рука с напальчниками из фольги.

Рис. 26

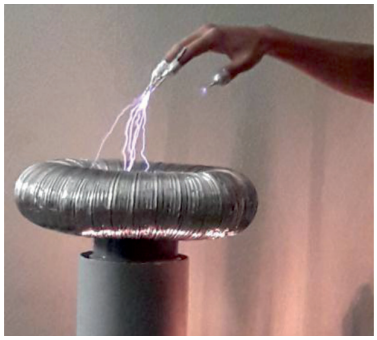

Рис. 27

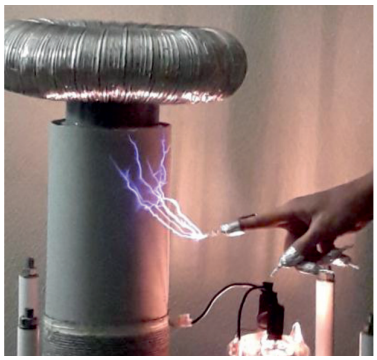

Рис. 28

При внесении руки в поле катушки Тесла (с убранным терминалом), происходит появление разряда с напальчников в сторону тороида.

Заключение

Все поставленные цели выполнены. Я построил 2 катушки и на их примере доказал следующие гипотезы:

– Катушка Тесла может генерировать реальные электрические разряды различных видов.

– Разряды, создаваемые катушкой тесла, безопасны для человека и не могут нанести ему урон путем удара электрическим током. К выходной катушке высокого напряжения можно даже прикоснуться куском металла или рукой. Почему при прикосновении к источнику напряжения 1 000 000 В высокой частоты с человеком ничего не случается? Потому что при протекании тока высокой частоты наблюдается так называемый скин-эффект, т.е. заряды текут только по краям проводника, не трогая сердцевину.

Ток протекает по коже, и не касается внутренних органов. Именно поэтому можно безопасно касаться этих молний.

– Катушка Тесла может передавать энергию без проводов путем создания электромагнитного поля.

– Энергия этого поля может передаваться как на любые предметы в этом поле, от разреженных газов, до человека.

Современное применение идей Николы Тесла

– Переменный ток является основным способом передачи электроэнергии на большие расстояния.

– Электрогенераторы являются основными элементами в генерации электроэнергии на электростанциях турбинного типа (ГЭС, АЭС, ТЭС).

– Электродвигатели переменного тока, впервые созданные Николой Тесла, используются во всех современных станках, электропоездах, электромобилях, трамваях, троллейбусах.

– Радиоуправляемая робототехника получила широкое распространение не только в детских игрушках и беспроводных телевизионных и компьютерных устройствах (пульты управления), но и в военной сфере, в гражданской сфере, в вопросах военной, гражданской и внутренней, а также и внешней безопасности стран и т.п.

– Беспроводные заряжающие устройства уже используются для зарядки мобильных телефонов.

– Переменный ток, впервые полученный Тесла, является основным способом передачи электроэнергии на большие расстояния

– Использование в развлекательных целях и шоу.

– В фильмах эпизоды строятся на демонстрации трансформатора Тесла, в компьютерных играх.

– В начале XX века трансформатор Тесла также нашёл популярное использование в медицине. Пациентов обрабатывали слабыми высокочастотными токами, которые протекая по тонкому слою поверхности кожи, не причиняли вреда внутренним органам, оказывая при этом «тонизирующее» и «оздоравливающее» влияние.

– Он используется для поджига газоразрядных ламп и для поиска течей в вакуумных системах.

Ошибочно мнение, что катушки Тесла не имеют широкого практического применения. Основное их использование приходится на развлекательно-медийную сферу развлечений и шоу. При этом сами катушки или устройства, использующие принципы работы катушек, довольно распространены в нашей жизни, о чем свидетельствуют вышеприведенные примеры.

Список литературы

1. Пиштало В. Никола Тесла. Портрет среди масок. – М: Азбука-классика, 2010.

2. Ржонсницкий Б.Н. Никола Тесла. Жизнь замечательных людей. Серия биографий. Выпуск 12. – М: Молодая гвардия, 1959.

3. Фейгин О. Никола Тесла: Наследие великого изобретателя. – М.: Альпина нон-фикшн, 2012.

4. Тесла и его изобретения. http://www.374.ru/index.php?x=2007-11-19-20.

5. Цверава Г. К. Никола Тесла, 1856-1943. – Ленинград. Наука. 1974.

6. Википедия https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%81%D0%BB%D0%B0,_%D0%9D%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B0.

7. Никола Тесла: биография http://www.people.su/107683.