

Всероссийский конкурс исследовательских и проектных работ школьников
«Высший пилотаж»

Идеи Никола Тесла: от теории к практике

Проектная работа

Направление «Физика» Физика

(в рамках конференции «Авангард»)

Автор: Герасимов Максим Денисович,
учащийся 10 класса,
МБОУ Лицей №21 г.Кузнецк

2024 г.

Оглавление

Введение.....	2
I Глава. Теоретические аспекты беспроводной передачи энергии.....	4
1.1 Гений - Никола Тесла.....	4
1.2 Беспроводная передача энергии.....	4
1.3 Принцип работы катушки Тесла.....	6
II Глава: Практическая часть: изготовление катушки Тесла.....	7
2.1 Сборка катушки Тесла.....	7
2.2 Экспериментальные опыты применения катушки Тесла.....	11
Заключение.....	14
Список использованной литературы:.....	15
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	16
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	17

Введение

«Люди с почтением относятся к представителям науки, но не любят пророков из их числа. Но иногда и среди ученых встречаются те, кто сумел заглянуть в будущее. Никола Тесла не пророчествовал, он говорил о будущем так, словно жил в нем сам».
Борис Скупов

I Аннотация:

В проекте исследуется беспроводная передача электричества, на основе катушки Тесла, а также продемонстрирована зависимость свечения ламп от расстояния при использовании тороида.

На уроках физики в 9 классе были рассмотрены темы, связанные с магнитными явлениями. Учитель познакомила нас с теорией Никола Тесла о возможности беспроводной передачи электричества. Эта тема показалась мне очень интересной, поэтому я решил изучить тему беспроводной передачей электричества. Для реализации моего проекта по созданию катушки Тесла было прочитано много различной литературы по заданной теме. После сбора информации совместно с педагогом был намечен план реализации передачи беспроводного электричества и выбрана схема для сборки катушки Тесла. Большую практическую помощь оказал Герасимов Денис Анатольевич и научный руководитель Овчинникова Наталья Валентиновна.

Актуальность:

Многие годы катушка Тесла привлекает внимание физиков экспериментаторов своей загадочностью и красотой. Разобраться в вопросе высокочастотных полей, которые способны зажигать на расстоянии газоразрядные лампы является интересной задачей для физиков. При посещении музея «Реактор» г. Пензы, много раз наблюдал за красотой разрядов от катушки Тесла, но создать устройство самому было сложной задачей.

Физический эксперимент - всегда дает больше знаний, чем простое чтение теоретического материала.

Идеи Никола Тесла по передаче беспроводной энергии очень актуальны в наше время ведь проблема потерь при передаче электроэнергии на большие расстояния не новая, до настоящего времени не решена полностью и доставляет ряд неудобств. Например, электроэнергию нельзя передавать на большие расстояния из-за потерь, примерно 20% выработанной энергии теряется при передаче. Энергию нельзя консервировать. С увеличением расстояния, на которое необходимо передать электроэнергию увеличивается и ее стоимость. Современные провода, которые должны удовлетворять следующим требованиям: максимально высокая электропроводность; максимально высокая механическая прочность; низкий вес; устойчивость к высоким температурам; малые температурные удлинения; устойчивость к старению и ветровым воздействиям. Поэтому до настоящего времени остро стоит вопрос о передаче энергии на расстояние, в частности передача энергии беспроводным способом. Идеи великого ученого Никола Тесла, являются актуальными до настоящего времени.

Цель:

Собрать устройство по передаче беспроводного электричества и провести демонстрацию собранного устройства, экспериментально пронаблюдать зависимость свечения ламп от расстояния при использовании тороида.

Задачи:

- изучить теоретический материал по изучаемой теме;
- ознакомиться с биографией Николы Тесла и историей изобретения трансформатора Тесла;

- подготовить необходимые материалы и собрать катушку Тесла;
- провести демонстрацию катушки Тесла на уроках физики в 11 классе.
- исследовать зависимость свечения лампы от расстояния при использовании тороида.

Гипотеза: Катушка Тесла – эффективное устройство для передачи беспроводного электричества на расстоянии.

Объект исследования: беспроводная передача электричества

Предмет исследования: создание и исследование работы катушки Тесла

Методы работы:

Научно-теоретический анализ литературы по данной теме, консультация с научным руководителем, исследование с помощью экспериментов работу созданной катушки Тесла

I Глава. Теоретические аспекты беспроводной передачи энергии

1.1 Гений - Никола Тесла

Никола Тесла (1856-1943) – изобретатель в области электротехники и радиотехники сербского происхождения, инженер, физик. Один из самых известных и загадочных ученых современности. Разум Николы Тесла не был скован тесными рамками, которые принято называть здравым смыслом. За время своей научной и изобретательской деятельности он получил более 300 официальных патентов.

Тесла родился в Австрийской империи, вырос в Австро-Венгрии, в последующие годы работал во Франции и США.

Никола Тесла обучался точным наукам в Высшем реальном училище в городе Карловац и в высшем техническом училище в Граце (в настоящее время — Грацкий технический университет), где изучал электротехнику.

Работал в Будапеште в инженерном отделении Центрального телеграфа проектировщиком и чертежником, где у него был доступ к изучению прогрессивных изобретений, возможность экспериментировать и воплощать собственные идеи.

Главной задачей этого периода было изобретение электродвигателя на переменном токе. Новаторство трудов Тесла состояло в том, что, благодаря им появилась возможность передачи энергии на большие расстояния, питая осветительные приборы, фабричные машины и бытовые устройства.

В Париже в свободное от работы в компании Эдисона время трудился над созданием асинхронного электродвигателя.

В Нью-Йорке в Edison Machine Works работал инженером по ремонту электродвигателей и генераторов постоянного тока. Тесла надеялся посвятить себя любимой работе — созданию новых машин, но креативные идеи изобретателя раздражали Эдисона.

С 1888 года сотрудничал с американцем Джорджем Вестингаузом. Промышленник выкупил у изобретателя почти все патенты и пригласил на работу в лабораторию собственной компании. Тесла отказался, понимая, что это ограничит его свободу.

В 1888—1895 годы наиболее плодотворные, ученый исследовал высокочастотные магнитные поля.

У Николы Тесла было много изобретений, которые на рубеже XIX-XX веков стали настоящим прорывом в науке и технике. Вот некоторые из них: переменный ток, катушка Тесла, электрический двигатель, трансформаторная подстанция, неоновый свет, асинхронный двигатель, лучевое оружие.

Умер великий изобретатель в возрасте 86 лет в 1943 году. Большая часть дневников, записей и чертежей таинственным образом исчезла. Возможно, Тесла сам уничтожил свои разработки, посчитав их слишком опасными для человечества¹.

1.2 Беспроводная передача энергии

Яркий во всех смыслах пример передачи электроэнергии без проводов — это молния. Молния получается, когда между облаком и землей образуется напряжение больше ста миллионов вольт! Электрическое поле разрывает молекулы воздуха на положительные ионы и отрицательные электроны. электроны летят к Земле, а ионы — к облаку. Эти частицы

¹ Гений Никола Тесла – Текст : электронный // Владимирская областная научная библиотека : [сайт]. – URL: <https://library.vladimir.ru/ot-arximeda-do-xokinga/genij-nikola-tesla.html>. Дата публикации: 12.11.2020

разгоняются в электрическом поле, натываются на другие молекулы, и делают с ними то же самое... Запускается цепная реакция, которая называется: «Электрический пробой». В воздухе образуется проводящий канал, по которому электрическая энергия в виде молнии передается из облака на землю. Ток протекающий по искровому каналу очень быстро и сильно нагревает воздух что приводит к резкому расширению настолько резкому что возникает ударная волна, которую мы слышим как грохот. В катушке Теслы происходит абсолютно то же самое, только в меньших масштабах². Это мощное грандиозное устройство, создающее вокруг себя высоковольтное электрическое поле. Разряды на катушке бывают трёх видов: коронные, дуговые, искровые. Проникая внутрь газовых ламп, такое сильное электрическое поле ионизирует газ внутри и заставляет его светиться. **ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

«Молнии», которые делает тесла, не причиняют человеку никакого вреда: дело в том, что здесь ток переменный и очень высокой частоты (около 170000Гц), возникает «скин-эффект», при котором ток не проникает внутрь проводника, а идет только по поверхности, так что это действительно безопасно!

В интервью для «The American Magazine» Тесла описал своё видение будущего так: «Может быть, что в ближайшем будущем электричество для коммерческих целей, таких как освещение домов, работа транспорта, будет передаваться без проводов. Я открыл основные принципы этого процесса, и остаётся только развивать их коммерчески. Когда это будет сделано, вы сможете отправиться в любую точку мира — на вершину горы с видом на вашу ферму, в Арктику или в пустыню — и установить небольшое устройство, которое даст вам тепло, чтобы готовить, и свет, чтобы читать». К сожалению, мечтам Теслы тогда не суждено было реализоваться. Финансирование проекта строительства передающей «Башни Уорденклиффа» (Wardenclyffe Tower) было прекращено Джей-Пи Морганом, после чего Тесла обанкротился, а проект беспроводной передачи электроэнергии был фактически уничтожен, как и сама башня, в 1917 году.

Кто-то на этих основаниях строит конспирологические теории, но на самом деле всё элементарно, и предельно просто и прозаично. Всё дело в деньгах. Примерно в те же годы, появившиеся раньше ДВС, электромобили начали сдавать свои позиции под натиском бензиновых автомобилей. Ведь проще качать нефть и "перегонять" её в бензин, чем строить электростанции, зарядные станции... Просто человечество тогда ещё не было психологически и интеллектуально готово к эре электрификации транспорта, и беспроводной передачи энергии. И на десятилетия города погрузилось в смог от ДВС, и угольных ТЭС, а над головами растянулись паутины линий электропередач, от высоковольтных ЛЭП, до линий питания троллейбусов, трамваев, и железнодорожных поездов.

Но всё изменилось в 21-ом веке. Имя Николы Тесла было поднято на знамена автомобильными компаниями «Tesla» Илона Маска, и «Nikola motor» Тренора Милтона, а интерес к технологии «Катушки Тесла» неосознанно, но начали закладывать даже с детского возраста, показывая детям и школьникам «Тесла-шоу».

Вообще говоря, беспроводная передача энергии может быть достигнута с помощью различных методов, включая: индуктивная связь, магнитно-резонансная индукция, электростатическая индукция, резонансная индуктивная связь, передача микроволновой энергии, передача мощности лазера.

² Красовский, С. А. Катушка Теслы / С. А. Красовский, И. Б. Насонова. — Текст : непосредственный // Юный ученый. — 2023. — № 3 (66). — С. 257-260. — URL: <https://moluch.ru/young/archive/66/3454/> (дата обращения: 19.11.2024).

Первые четыре варианта применимы только для коротких дистанций, в то время как последние два специально разработаны для беспроводной передачи энергии на большие расстояния. Технология Николы Тесла не исчезла, и никуда не пропала.

В Новой Зеландии стартап «Emrod» разработал метод безопасной и беспроводной передачи электроэнергии на большие расстояния без использования проводов, и работает по внедрению этой технологии на островах со вторым по величине дистрибьютором электроэнергии в стране, «Powerco»³.

1.3 Принцип работы катушки Тесла

Принцип работы катушки Теслы основан на резонансных стоячих электромагнитных волнах.

У прибора есть две проводниковые катушки — первичная и вторичная. В первичной обмотке как правило небольшое количество витков. Вместе с ней идут конденсатор и искровой промежуток. Эта часть прибора обязательно должна быть заземлена. Вторичная обмотка — это прямая катушка провода.

К первичной обмотке подводится переменное напряжение, и она создаёт магнитное поле. При помощи этого поля энергия из первичной обмотки передаётся во вторичную.

Вторичная обмотка вместе с собственной паразитной ёмкостью образуют колебательный контур, который накапливает переданную ему энергию. Часть времени вся энергия в колебательном контуре хранится в виде напряжения. Таким образом, чем больше энергии вкачано в контур, тем больше напряжения получится.

Когда частоты колебания колебательного контура первичной обмотки совпадают с собственными колебаниями стоячих волн вторичной обмотки, возникает резонанс и стоячая электромагнитная волна. В итоге между концами катушки появляется высокое переменное напряжение.

Для того чтобы, понять работу катушки Тесла можно представить себе маятник с тяжелым грузом. Если вводить его в движение, толкая в какой-то определенный момент в одной точке, то амплитуда будет расти по мере увеличения усилия. Но если найти точку, в которой движение будет входить в резонанс, то амплитуда будет расти многократно.

В случае с маятником она ограничена параметрами подвеса, но если мы говорим о напряжении, то расти оно может чуть ли не бесконечно. В обычных условиях наблюдается рост напряжения в десятки и даже сотни раз, достигая миллионов вольт даже в далеко не самых мощных приборах. В качестве основных элементов сам Никола Тесла использовал конденсатор, который подключался к источнику питания. Именно он и питал первичную обмотку, от которой возникал резонанс во вторичной. Важно было только правильно подобрать частоту тока «на входе» и материал для вторичной обмотки. Если они не будут соответствовать друг другу, то роста напряжения не будет вовсе или он будет крайне незначительным.

³ По заветам и технологиям Николы Тесла - беспроводная передача электроэнергии на большие расстояния уже реальность – Текст : электронный // Дзен : [сайт]. – URL: <https://dzen.ru/a/YDzUO9AFmTOZVpsT>. – Дата публикации: 01.03.2021

II Глава: Практическая часть: изготовление катушки Тесла

2.1 Сборка катушки Тесла

Несмотря на простоту устройства, собрать катушку Тесла оказалось не так-то и просто. В процессе сборки возникали трудности. Например, после монтажа всех элементов катушки, она не включилась. После анализа всех возможных вариантов ошибки, я выявил две основных проблемы: была перепутана полярность при подключении, и не качественно припаян резистор. После устранения всех неисправностей катушка Тесла начала работать в нужном режиме. Принцип работы трансформатора основан на катушках: первичная катушка с малым количеством витков, которая создает искровой контур, и вторичная обмотка, представляющая собою прямую катушку провода. Резонанс частот колебания обмоток вызывает высокое переменное напряжение между двумя концами катушки.

Основные материалы:

- Источник постоянного напряжения GDLI – 60 - IP20-12 (370p);
- Конденсатор - 1 мкФ - 10 штук (180 p);
- Транзистор КТ 819В - 5 штук (645 p);
- Резистор 2кОм- 2 штуки (10 p);
- Радиатор (184p);
- Катушка провода обмоточного 0,2 мм - 345 м (800p)
- ПВХ труба D 50мм– (50 p)

Общая сумма затрат составила – 2239 рублей.

Дополнительные материалы, которые понадобились

- основа для конструкции,
- клей,
- термоусадочная трубка,
- соединительные провода,
- сетевой провод,
- крепеж (болты, гайки, шайбы),
- цапон-лак.








Монтаж выполнялся методом пайки с использованием сосновой канифоли и оловянного припоя.

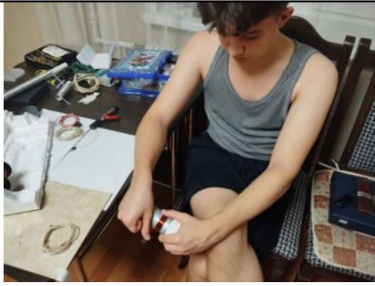
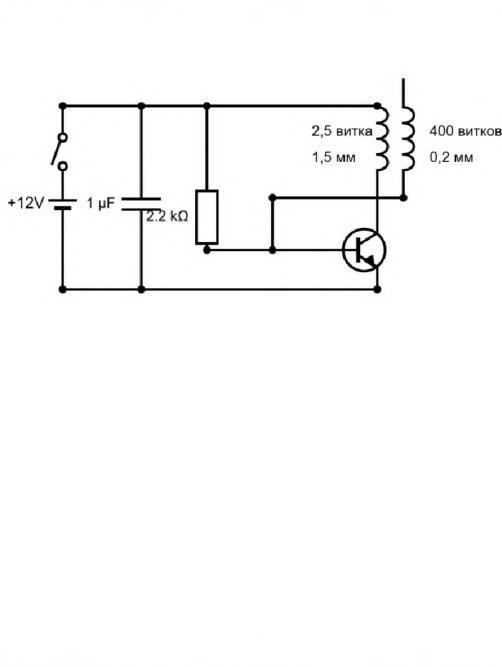
Ручной расчет






Так как тема «Трансформатор» изучается на высоком уровне только в 11 классе, то я еще не владею достаточной техникой расчета параметров катушки Тесла. На «Научно – исследовательском сайте Вячеслава Горчилина» (<https://gorchilin.com/calculator/coil14>) представлен онлайн – калькулятор параметров. В приложении 2 можно ознакомиться с полученными параметрами смонтированной катушки. ПРИЛОЖЕНИЕ 2

В таблице представлены основные фотографии элементов необходимых для сборки, а так же некоторые этапы конструирования:

№	Фото	Название
1.		<p>Производим монтаж источника постоянного напряжения GDLI – 60 - IP20-12 на деревянную основу не проводящую электричество</p>
2.		<p>Металлический сердечник, который используется для подключения вторичной обмотки. Также на него крепится тороид. В качестве сердечника использован отрезок резьбовой шпильки длиной 200 мм с резьбой М6.</p>
3.		<p>Вторичная обмотка из медного эмалированного провода диаметром 0,2мм, которая содержит 400 витков на длине 8 см</p>
4.		<p>Тумблер найден в гараже (тумблер советского периода)</p>
5.		<p>Транзистор КТ 819В с половиной радиатора (радиатор был распилен пополам, так как не подходил по размерам) в целях отвода излишнего тепла от транзистора.</p>
6.		<p>ПВХ труба D 50мм– (50 p)</p>
7.		<p>Распиленный радиатор</p>

8.		Болт закрепленный на деревянной основе. На него монтировалась ПВХ труба со вторичной обмоткой
9.		Кисть для покрытия вторичной обмотки «Цапон-лаком»
10.		«Цапон-лак» для защиты вторичной обмотки от механического повреждения.
11.		Основа для вторичной обмотки
12.		На картинке представлены основные и дополнительные необходимые материалы для сборки катушки Тесла
13.		На картинке представлены основные и дополнительные необходимые материалы для сборки катушки Тесла
14.		Тороид выполнен из алюминиевого провода, с которого предварительно была снята изоляция. Далее проволока была намотана на ПВХ трубу D 20 мм. В конструкции тороида для скрепления используется элемент от соединительной электрической колодки.

15.		<p>Процесс намотки провода D 0,2 мм на ПВХ трубу D 50 мм (изготовление вторичной обмотки). Данный процесс занял 3 часа.</p>
16.		<p>Процесс покрытия вторичной обмотки «Цапон-лаком»</p>
17.		<ol style="list-style-type: none"> 1. На деревянную основу в первую очередь был установлен источник постоянного напряжения. 2. Вторым этапом на основу была установлена основа для вторичной обмотки. 3. Установлена вторичная обмотка с сердечником, который смонтирован в пенопласт для фиксации стержня. 4. Установка тумблера 5. Установка радиатора с транзистором 6. Создание подставок для конденсатора, резистора и первичной обмотки 7. Соединение деталей с помощью проводов и припайка деталей (резистор, конденсатора, транзистора, тумблера) 8. Подключение провода с вилкой питания. <p>Все выполнено согласно схеме.</p>
18.		<p>На фотографии показан процесс припаивания конденсатора к тумблеру и источнику постоянного напряжения.</p>

19.		Припаивание тумблера к проводам
20.		Подготовительный процесс покрытие оловом проводов для улучшения электропроводности
21.		Демонстрация работы катушки Тесла на уроке физики в 11 классе при изучении темы «Переменный ток. Трансформаторы»
22.		Демонстрация работы катушки Тесла на уроке физики в 11 классе при изучении темы «Переменный ток. Трансформаторы»
23.		Демонстрация работы катушки Тесла на уроке физики в 11 классе при изучении темы «Переменный ток. Трансформаторы»

2.2 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.

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 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.

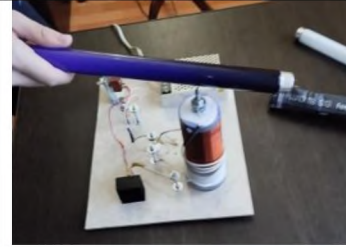
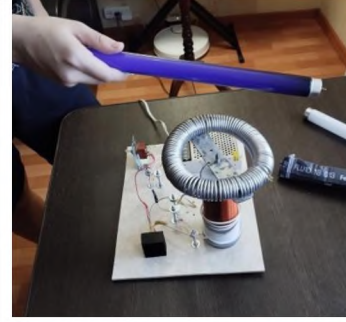


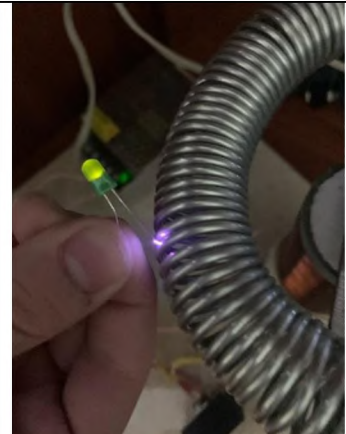
– Коронный разряд – свечение ионов воздуха в электрическом поле высокого напряжения. Создает красивое голубоватое свечение вокруг высоковольтных частей конструкции с сильной кривизной поверхности.

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

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

Приведенные опыты показывают, что при внесении ламп в магнитное поле катушки они начинают светиться, при этом если усилить катушку Тесла присоединить к нему тороид, то лампы загораются на большем отдалении от катушки, это говорит о том, что тороид создает мощное магнитное поле.

№ Опыта	Оборудование	Фото	Вывод
Опыт 1: Демонстрация разряда в энергосберегающей лампе	катушка Тесла, энергосберегающая лампа		Наблюдается свечение в энергосберегающей лампе на расстоянии 2 см. от установки
Опыт 1.1: Демонстрация разряда в энергосберегающей лампе	катушка Тесла с тороидом, энергосберегающая лампа		Наблюдается свечение в энергосберегающей лампе на расстоянии 10 см. от установки

<p>Опыт 2: Демонстрация разряда в УФ лампе</p>	<p>катушка Тесла, УФ лампа</p>		<p>Наблюдается свечение в УФ лампе на расстоянии 1 см. от установки</p>
<p>Опыт 2.1: Демонстрация разряда в УФ лампе</p>	<p>катушка Тесла с тороидом, УФ лампа</p>		<p>Наблюдается свечение в УФ лампе на расстоянии 3 см. от установки</p>
<p>Опыт 3: Демонстрация разряда в лампе дневного света</p>	<p>катушка Тесла, лампа дневного света</p>		<p>Наблюдается свечение в лампе дневного света на расстоянии 2 см. от установки</p>
<p>Опыт 3.1: Демонстрация разряда в лампе дневного света</p>	<p>катушка Тесла с тороидом, лампа дневного света</p>		<p>Наблюдается свечение в лампе дневного света на расстоянии 15 см. от установки</p>
<p>Опыт 4: Демонстрация разряда в светодиодной лампе</p>	<p>катушка Тесла с тороидом, светодиодная лампа</p>		<p>Свечение светодиодной лампы наблюдалось только в катушке с тороидом, наблюдалось образование искры</p>

Заключение

При выполнении исследовательской работы все поставленные мною цели были выполнены.

Была смонтирована катушка Тесла и изучено влияние тороида на усиление магнитного поля катушки.

С помощью собранной катушки доказана следующая гипотеза: Катушка Тесла – эффективное устройство для передачи беспроводного электричества на расстоянии. Так как катушка Тесла может генерировать реальные электрические разряды различных видов (в собранной катушке разряды генерируются слабой мощности), катушка Тесла может передавать энергию без проводов путем создания электромагнитного поля.

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 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 использованной литературы:

1. Гений Никола Тесла – Текст : электронный // Владимирская областная научная библиотека : [сайт]. – URL: <https://library.vladimir.ru/ot-arximeda-do-xokinga/genij-nikola-tesla.html>. Дата публикации: 12.11.2020
2. Исследование работа Катушка Тесла и демонстрация электромагнитного поля катушки Тесла! [познавательный контент] / Максим [и др.]. – Изображение (движущееся ; двухмерное) : видео. // Rutube : [видео-хостинг] // Друзья Шоу. – URL : <https://rutube.ru/video/db7860951d8d29a5b6bf1b2a2cb48b42/> (дата обращения: 20.11.2024). – Познавательный контент снят в 2022 году.
3. Кондрашов, А.А. Принцип работы катушки Тесла, подробности : [интервью с Кондрашовым А.А.] / Александр Кондрашов [и др.]. – Изображение (движущееся ; двухмерное) : видео. // Rutube : [видео-хостинг] / Мозаика и архитектурные формы: Уникальные геометрические решения. – URL : <https://rutube.ru/video/6a3bbc65e23ce836c913deb0133590db/> (дата обращения: 21.11.2024). – Интервью записано в 2001 году.
4. Красовский, С. А. Катушка Теслы / С. А. Красовский, И. Б. Насонова. — Текст : непосредственный // Юный ученый. — 2023. — № 3 (66). — С. 257-260. — URL: <https://moluch.ru/young/archive/66/3454/> (дата обращения: 19.11.2024).
5. Матонин, Е. Никола Тесла / Е. Матонин. - М.: Молодая Гвардия, 2017. - 773 с.
6. Надеждин, Н. Я. Никола Тесла / Н.Я. Надеждин. - М.: Мир энциклопедий Аванта +, Астрель, 2010. - 224 с.
7. По заветам и технологиям Николы Тесла - беспроводная передача электроэнергии на большие расстояния уже реальность – Текст : электронный // Дзен : [сайт]. – URL: <https://dzen.ru/a/YDzUO9AFmTOZVpsT>. – Дата публикации: 01.03.2021

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Виды разрядов



1.Стример



2. Коронный разряд



3.Искровой разряд

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Расчёт однослойной катушки на 1/4 волны с учётом ёмкости заземления

Высота намотки, мм

Диаметр намотки, мм

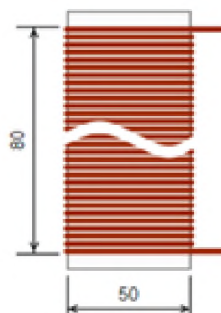
Число витков

Ёмкость заземления, пФ

вручную автомат

Внешняя ёмкость:

нет есть



Индуктивность, мкГн: **3856**

Резонансная частота, МГц: **1.68**

Собственная ёмкость, пФ: **2.32**

Коэффициент скорости распространения волны: **1.4**

Шаг намотки, мм: **0.2**