

## КАТУШКА ТЕСЛА И ЭКСПЕРИМЕНТЫ С НЕЙ

Братчиков А.А.

г. Пенза, МБОУ СОШ «№11 с углубленным изучением предметов гуманитарно-правового профиля», 8 класс

Руководитель: Абросимова М.А., г. Пенза, МБОУ СОШ «№11 с углубленным изучением предметов гуманитарно-правового профиля», учитель физики

Физика – экспериментальная наука. Источником знаний для нее является практическая деятельность: наблюдения, экспериментальные исследования явлений природы.

Однажды у меня перегорел провод у настольной лампы. И я задумался, как бы, не ремонтируя провод, передать энергию прямо в лампу на расстоянии. Я использовал Интернет – ресурсы и книги, чтобы найти информацию о катушке Тесла. Начиная изучать этот вопрос, я наткнулся на статью о Николе Тесла.

«В 1893 году Никола Тесла на всемирной выставке, проходившей в 1893 году в Чикаго, продемонстрировал беспроводное освещение люминесцентными лампами».

Я был впечатлен этими экспериментами и решил собрать катушку Тесла.

Цель исследовательской работы: провести исследования с катушкой Тесла.

### Задачи:

1. Собрать действующую катушку Тесла по ламповой технологии(УТТС).
2. Передать энергию беспроводным путем, используя катушку Тесла.
3. Провести эксперименты с катушкой Тесла.
4. Изучить практическое применение катушки Тесла.

**Гипотеза:** возможность передачи энергии на расстоянии; безопасность разрядов, создаваемых катушкой Тесла, для человека.

**Предмет исследования:** катушка Тесла, собранная по технологии ЛКТ, поля и разряды, генерируемые катушкой Тесла.

### Методы исследования:

1. Эмпирические.
2. Теоретические.

### Этапы исследования:

1. Теоретическая часть: изучение литературы и всевозможных схем и видов катушек Тесла.
2. Практическая часть: конструирование катушки Тесла и проведение экспериментов с ней.

### 1. Катушка Тесла. Устройство и виды

#### История открытия

Трансформатор Тесла, или катушка Тесла, устройство, изобретённое Николой Тес-

ла 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»

История данного изобретения начинается с конца 19 века, когда гениальный ученый-экспериментатор Никола Тесла, работая в США, только поставил перед собой задачу научиться передавать электрическую энергию на большие расстояния без проводов. Указать конкретный год, когда именно пришла к ученому эта идея, вряд ли можно точно, однако известно, что 20 мая 1891 года Никола Тесла выступил с подробной лекцией в Колумбийском университете, где представил сотрудникам Американского института инженеров свои идеи и проиллюстрировал их, показав наглядные эксперименты.

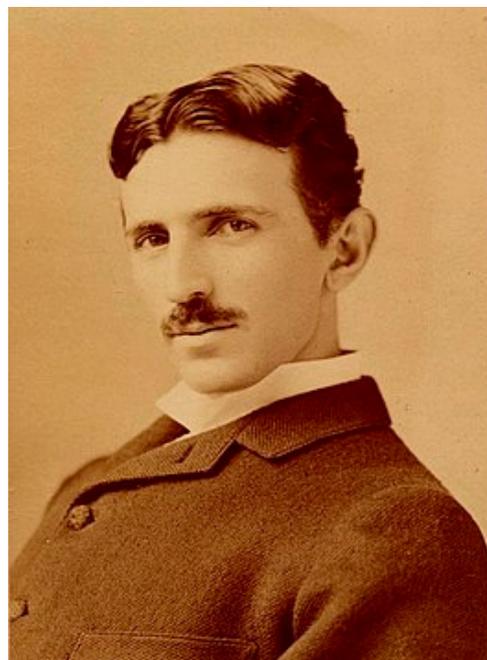


Рис. 1. Н. Тесла

Целью первых демонстраций было показать новый способ получения света посредством использования для этого токов высокой частоты и высокого напряжения,

а также раскрыть особенности этих токов. Справедливости ради отметим, что современные энергосберегающие люминесцентные лампы работают именно на принципе, который как раз и предложил для получения света Тесла.

Окончательная теория относительно именно беспроводной передачи электрической энергии вырисовывалась постепенно. Ученый потратил несколько лет жизни, доводя до ума свою технологию. Много экспериментируя и кропотливо совершенствуя каждый элемент схемы, он разрабатывал прерыватели, изобретал стойкие высоковольтные конденсаторы, придумывал и модифицировал контролеры цепей, но так и не смог воплотить свой замысел в жизнь в том масштабе, в каком хотел.

#### *Принцип работы*

Трансформатор Тесла основан на использовании резонансных стоячих электромагнитных волн в катушках. Его первичная обмотка содержит небольшое число витков и является частью искрового колебательного контура, включающего в себя также конденсатор и искровой промежуток. Вторичной обмоткой служит прямая катушка провода. При совпадении частоты колебаний колебательного контура первичной обмотки с частотой одного из собственных колебаний (стоячих волн) вторичной обмотки вследствие явления резонанса во вторичной обмотке возникнет стоячая электромагнитная волна и между концами катушки появится высокое переменное напряжение.

Работу резонансного трансформатора можно объяснить на примере обыкновенных качелей. Если их раскачивать в режиме принудительных колебаний, то максимально достигаемая амплитуда будет пропорциональна прилагаемому усилию. Если раскачивать в режиме свободных колебаний, то при тех же усилиях максимальная амплитуда вырастает многократно. Так и с трансформатором Тесла – в роли качелей выступает вторичный колебательный контур, а в роли прилагаемого усилия – генератор. Их согласованность («подталкивание» строго в нужные моменты времени) обеспечивает первичный контур или задающий генератор (в зависимости от устройства).

Торроид – это емкость вторичного контура.

#### *Виды катушек Тесла*

Искровая катушка **SGTC (Spark Gap Tesla Coil)** – классическая катушка Тесла – генератор колебаний выполнен на искровом промежутке (разряднике). Для мощных трансформаторов Тесла наряду с обычными разрядниками (статическими) используются более сложные конструкции разрядника.

Полупроводниковая катушка Тесла **SSTC (Solid State Tesla Coil)**, ее генератор выполнен на полупроводниках. Он включает в себя задающий генератор (с регулируемой частотой, формой, длительностью импульсов) и силовые ключи (мощные полевые MOSFET транзисторы). Данный вид катушек Тесла является самым интересным по нескольким причинам: изменяя тип сиг-

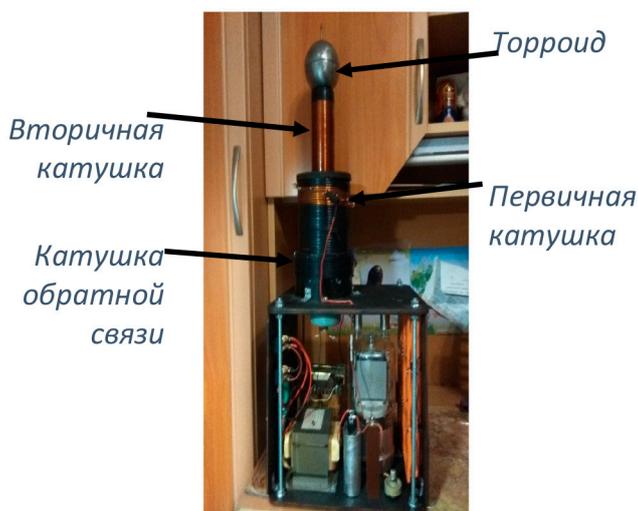


Рис. 2. Элементы катушки Тесла

нала на ключах, можно кардинально изменить внешний вид разряда. Также ВЧ сигнал генератора можно модулировать звуковым сигналом, например музыкой – звук будет исходить из самого разряда. Впрочем, аудио

модуляция возможна (с небольшими доработками) и в VTTC. К прочим достоинствам можно отнести низкое питающее напряжение и отсутствие шумного искрового разрядника, как в SGTC.

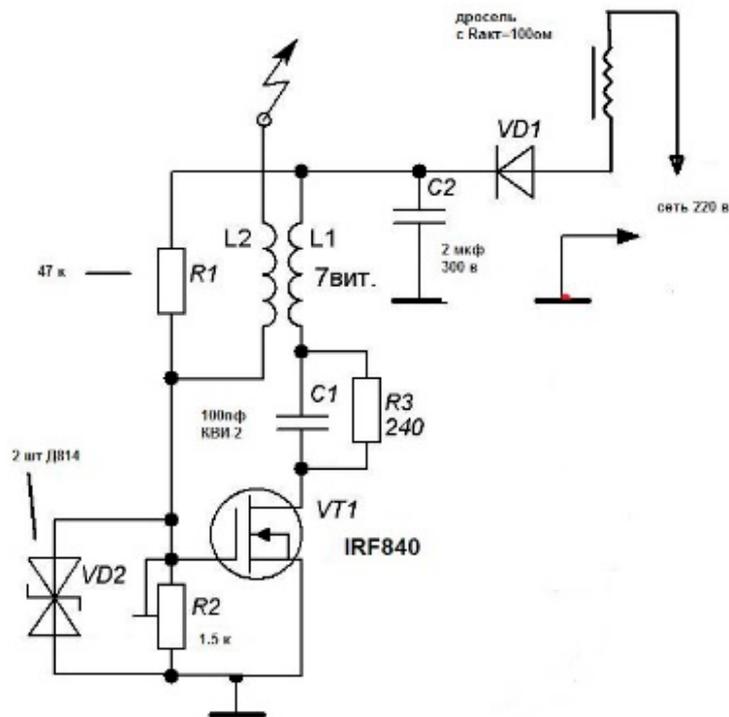


Рис. 3. Схема SGTC

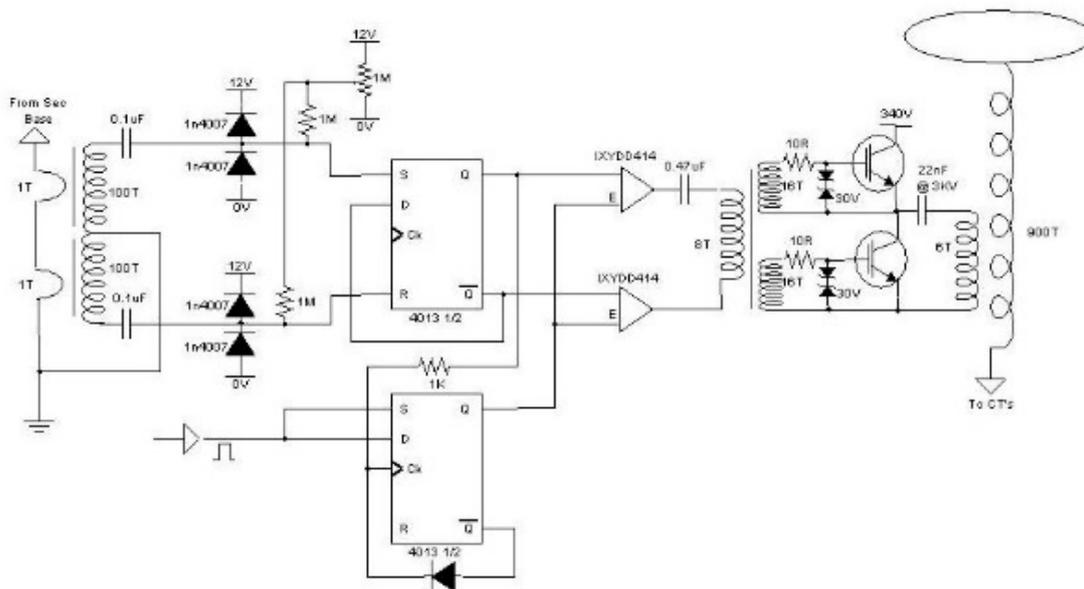


Рис. 4. Схема SSTC

**Полупроводниковая катушка с двойным резонансом DRSSTC (Dual Resonant Solid State Tesla Coil)** За счёт двойного резонанса разряды у такого вида катушек значительно больше, чем у обычной SSTC. Для накачки первичного контура используется генератор на полупроводниковых ключах – IGBT или MOSFET транзисторах.

### Генерирование озона катушкой Тесла

Известно, что молекула кислорода состоит из 2-х атомов:  $O_2$ . При воздействии разрядов катушки Тесла на молекулу кислорода она распадается на два отдельных атома. Однако атом кислорода не может существовать отдельно и стремится сгруппироваться вновь. В ходе такой перегруппи-

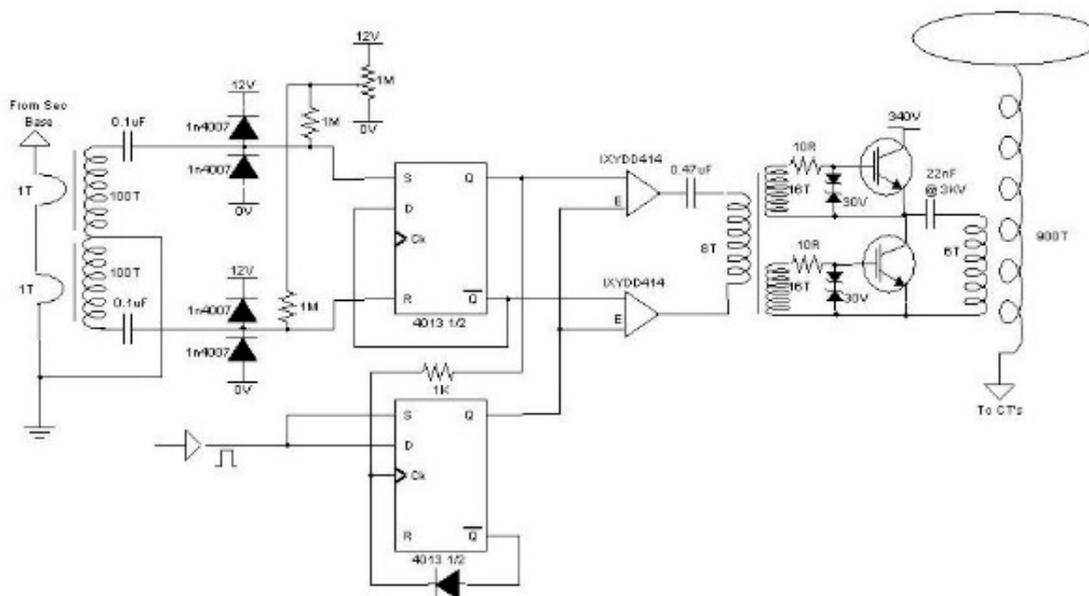


Рис. 5. Схема DRSSTC

В аббревиатурах названий катушек Тесла, питаемых постоянным током, часто присутствуют буквы DC, например DCSGTC.

Ламповая катушка Тесла VTTC (Vacuum Tube Tesla Coil) (рис. ЛКТ). В ней в качестве генератора ВЧ колебаний используются электронные лампы. Обычно это мощные генераторные лампы, такие как ГУ-81, однако встречаются и маломощные конструкции. Одна из особенностей – отсутствие необходимости в высоком напряжении. Для получения сравнительно небольших разрядов достаточно 300–600 Вольт. Также VTTC практически не издает шума, появляющегося при работе катушки Тесла на искровом промежутке.

Полученный озон поднимается в верхние слои атмосферы и затягивает озоновые дыры.

## 2. Действующая катушка Тесла по ламповой технологии (VTTC)

### Описание моей катушки Тесла

Моя катушка Тесла собрана на базе генераторного пентода ГУ-81М по автогенераторной схеме (рис. 6). Пентод – вакуумная электронная лампа с экранирующей сеткой, в которой между экранирующей сеткой и анодом размещена третья сетка, подавляющая динаatronный эффект.

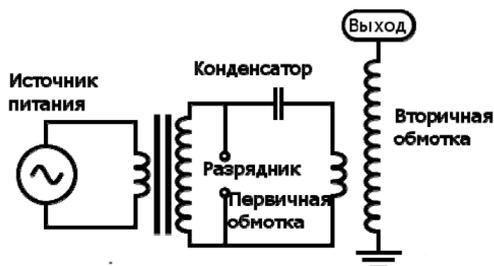


Рис. 6. Схема электрическая принципиальная

На схеме видно, что лампа подключена как триод, т. е. все сетки лампы объединены в одну: конденсатор C1 и диод VD1, однопериодный удвоитель. Конденсатор C2 нужен, чтобы убирать помехи. Конденсатор C4 и катушка L1 составляют

первый колебательный контур. Катушка L3 и торроид составляют вторичный колебательный контур. Первичная катушка имеет отводы от 30–40 для подстройки резонанса. Вторичная катушка содержит 1100 витков.

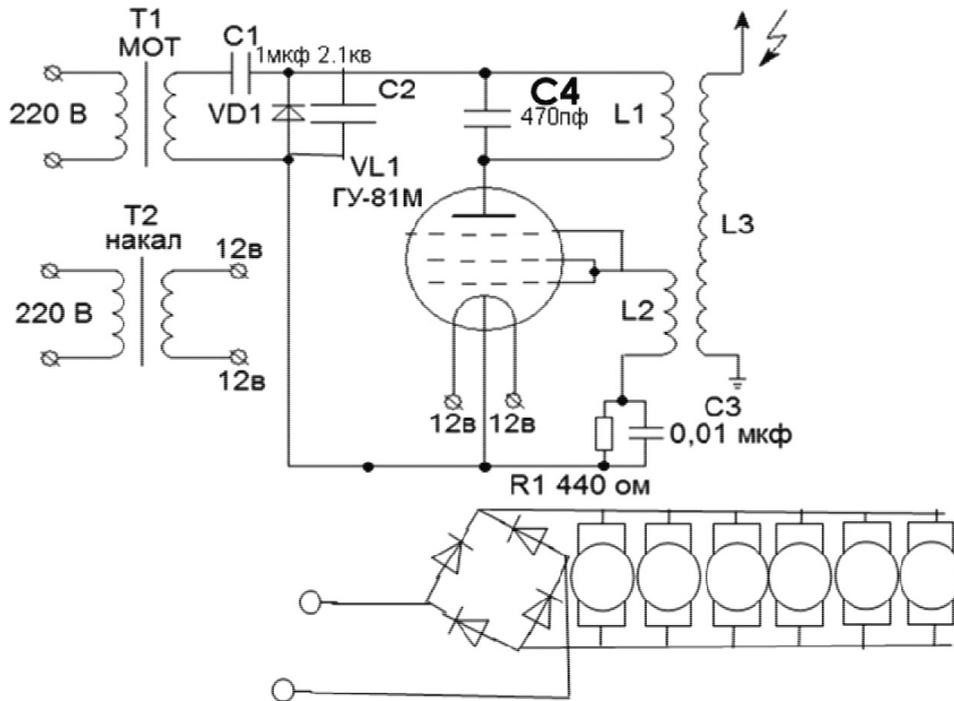


Рис. 7. Промежуточные этапы работы:  
а – расстановка элементов; б – тест на нагревание лампы

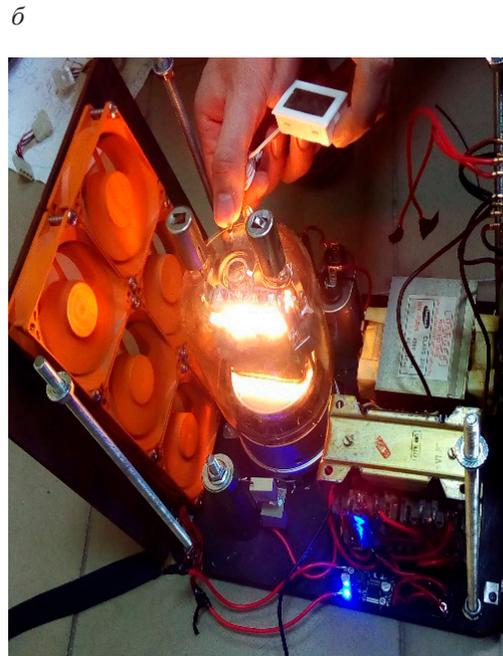
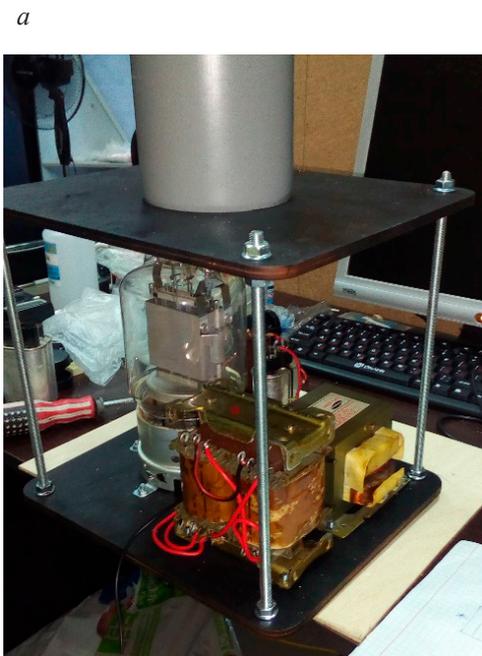


Рис. 7. Промежуточные этапы работы:  
а – расстановка элементов; б – тест на нагревание лампы

*Безопасность катушки Тесла*

Катушка Тесла безопасна для человека, так как частота разрядов очень большая и проявляется скин-эффект. Скин-эффект – эффект уменьшения амплитуды электромагнитных волн по мере их проникновения вглубь проводящей среды. В результате этого эффекта, например, переменный ток высокой частоты при протекании по проводнику распределяется не равномерно по сечению, а преимущественно в поверхностном слое.

*Параметры катушки Тесла*

Первичный контур.  
 Индуктивность первичного контура  
 $L = 114,63 \text{ мкГн}$   
 Длина намотки первичного контура  
 $l = 16,24 \text{ м}$   
 Пиковый ток в первичного контура  
 $J = 29,44 \text{ А}$   
 Емкость ММС  $C = 690,29 \text{ пФ}$   
 Вторичный контур.  
 Индуктивность вторичного контура  
 $L = 11007,47 \text{ мкГн}$

*Расчет себестоимости*

Таблица 1

## Расчёт себестоимости проекта

№	Наименование	Количество	Цена (руб.)
1	Лампа Гу-81М	1	2440
2	МОТ	1	600
3	КЦ201Е	1	640
4	ТПП 318	1	600
5	Конденсатор 2мкф 2100В	1	250
6	Конденсатор 1000пф 12кВ	1	713
7	Конденсатор 470пф 15кВ	1	778
8	К78–2	4	272
9	Резистор 470 Ом	1	200
10	Вентиляторы	6	300
11	Разъем питания	1	65
12	Шайбы М12	1	80
13	Шайбы М8	16	50
14	Провода	1	50
15	Клеммы под винт М5	25	30
16	Клеммы штырьковые	40	20
17	Фанера	6	200
18	Шпильки	4	80
19	Гайки	16	55
20	Краска	1	150
21	Лак полиуретановый	1	270
22	Проволока медная 0.25мм	1	200
23	Проволока медная 2.5мм	1	600
24	Труба 50 см	1	50
25	Труба 110 см	1	90
26	Зажим «крокодил»	1	17
27	Переключатель	2	130
28	Диодный мост	1	30
	Итого		8960 руб.

Собственная емкость вторичного контура  $C = 4,3$  пФ

Длина провода вторичного контура  $l = 185,85$  м

Число витков вторичного контура  $N = 1160$  шт

Активное сопротивление вторичного контура  $R = 43,06$  Ом

Добротность вторичного контура  $Q = 908$

Емкость тороида  $C = 2,88$  пФ

Частота LC-резонанса  $\nu = 565,79$  кГц

Частота 1/4-резонанса  $\nu = 403,54$  кГц

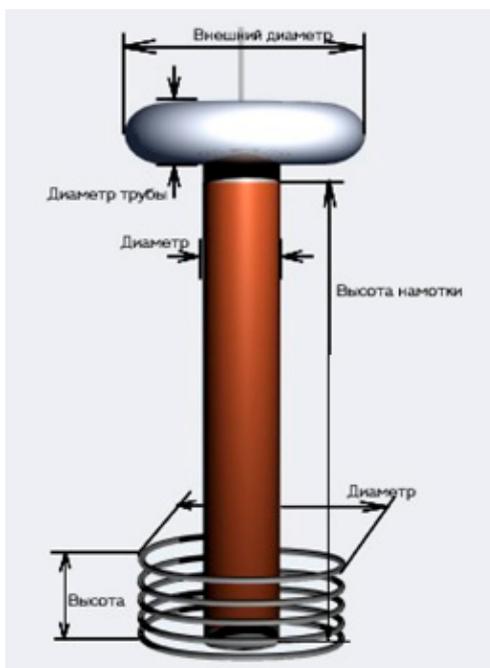


Рис. 8. Параметры катушки Tesla

### 3. Экспериментальные опыты применения катушки Tesla

#### Эксперимент №1. Демонстрация разряда в люминесцентной лампе

Оборудование: катушка Tesla, люминесцентная лампа

Как писал Tesla, при определенной частоте колебаний разряженный воздух проводит ток так же или даже лучше, чем медный провод. Конечно, это было бы невозможно, если бы отсутствовала единая волновая среда («эфир»). В отсутствие воздуха эфир становится чистым проводником, тогда как воздух только мешает, поскольку является изолятором.

Большая люминесцентная лампа загорается на расстоянии 39 см. Маленькая люминесцентная лампа загорается на расстоянии 30 см.



#### Эксперимент №2. Демонстрация газовых разрядов из предмета, находящегося в поле катушки Tesla

Оборудование: катушка Tesla, отвертка.  
При внесении отвертки в поле катушки Tesla, происходит появление разряда из проволоки в сторону тороида.



#### Эксперимент №3. Демонстрация действия катушки Tesla на лампу накаливания

Оборудование: катушка Tesla, лампа накаливания.

Лампа с нитью накаливания загорается, т.к. в нити возникает электричество за счёт создающегося переменного магнитного поля рядом, от катушки Tesla нить нагревается.



*Эксперимент №4. Демонстрация разряда в неоновой лампе*

Оборудование: катушка Тесла, неоновая лампа. При внесении неоновой лампы в поле действия катушки Тесла загорается разряд внутри лампы на расстоянии до 50 см.

Неоновая лампа загорается на расстоянии 38 см.

Оборудование: катушка Тесла, рука с напальчниками из фольги.



При внесении руки с напальчниками из фольги в поле катушки Тесла происходит появление разряда с напальчников в сторону тороида.

#### *Измерение расстояния от катушки Тесла*

Я измерил расстояние от лампы до катушки Тесла и освещённость от лампы.

**Таблица 2**

Предельные расстояния от катушки Тесла, на котором загораются лампы и освещённости лампы.

№	Название лампы	Расстояние (см)	Освещённость (lx)
1	Большая люминесцентная	39	20
2	Маленькая люминесцентная	30	5
3	Неоновая	38	2



*Эксперимент №5. Разряды из руки*

#### **Заключение**

Я построил катушку Тесла по ламповой технологии (VTTC). Провел эксперименты и убедился опытным путем, что передача энергии на расстоянии возможна, так

же я доказал, что разряды, создаваемые катушкой Тесла, безопасны для человека и не могут нанести вред. К выходной катушке можно прикасаться рукой, так как при протекании тока высокой частоты заряды текут только по поверхности проводника, не трогая сердцевину.

#### Список литературы

1. Гендельштейн Л.Э., Кайдалов А.Б. Физика 8 класс: учебник для общеобразовательных учреждений / Мнемозина, 2012.

2. Сворень Р.А. Электроника шаг за шагом.
3. Монк С., Шерц П. Электроника теория и практика.
4. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Трансформатор\\_Теслы](https://ru.wikipedia.org/wiki/Трансформатор_Теслы).
5. <http://school-herald.ru/ru/article/view?id=530>.
6. <http://govorim-vsem.ru/viewtopic.php?t=70199>.
7. <https://infourok.ru/issledovatel'skaya-rabota-po-teme-katushka-tesla-demonstraciya-neveroyatnih-svoystv-elektromagnitnogo-polya-katushki-tesla-1014207.html>.
8. <http://cxem.net/tesla/tesla3.php>.
9. <https://elektro.guru/osnovy-elektrotehniki/katushka-tesla-svoimi-rukami.html>.
10. <http://flyback.org.ru/>.