

**муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
города Ростова-на-Дону «Школа № 6  
имени Героя Советского Союза Самохина Н.Е.»**

**ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ**

на тему:

**«Беспроводная передача энергии»**

Выполнил(а) учащийся 10 «А» класса:

Шульгин Дмитрий Андреевич

Научный руководитель:

Казарова Лаура Варужановна

Допуск к защите: \_\_\_\_\_

Ростов-на-Дону 2024 год

## Оглавление

Введение.....	3
Глава 1.....	5
1.1 История беспроводной энергии.....	5
1.2 Технология беспроводной передачи энергии.....	5
1.3 Виды беспроводной передачи энергии.....	6
1.4 Вывод.....	9
Глава 2.....	10
2.1 Качер Бровина.....	10
2.2 Вывод.....	11
Заключение.....	12
Список литературы.....	13
Приложение.....	14

## Введение

Беспроводная передача энергии – это технология, которая позволяет передавать энергию без использования проводов или кабелей. Она широко применяется и может быть использована в различных областях, например, медицина, электроника, промышленность, а также повседневная жизнь. В настоящее время технологии беспроводной передачи электрической энергии активно развиваются, это связано с огромным количеством потребителей, которые хотят получать энергию без проводов. Действительно, в наше время высоких технологий тяжело не найти устройства, работающих беспроводным путем с помощью различного рода аккумуляторных батарей (компьютерная мышь, ноутбук, смартфон и другие интеллектуальные гаджеты). Не все аккумуляторные батареи способны питать приемник достаточное количество времени, а если это и возможно, то размеры батареи становятся слишком большой величины. Решение данной проблемы существует, потому что есть технологии беспроводной передачи энергии, а именно беспроводная передача энергии для зарядки аккумуляторов. В мировой практике уже на протяжении последнего десятилетия бурно как развиваются, так и внедряются технологии беспроводных зарядных устройств зарубежными гигантами мировой индустрии в электронной сфере, как Qualcomm Incorporated, Intel, Samsung, WiTricity и многие другие. Применение беспроводных устройств не является исключением только для зарядки аккумуляторов смартфонов и ноутбуков, такой вид технологии также успешно применяют в промышленной сфере: зарядка аккумуляторов транспортных средств, имплантируемых устройств в медицине, в военной технике, в качестве источника для светодиодного освещения в помещениях и др. Принимая во внимание разные способы беспроводной передачи энергии и растущий спрос на такую технологию, производители и потребители такого рода устройств остановились на беспроводной передаче электроэнергии путём электромагнитной индукции. Актуальность данной темы заключается в том, что в нашем мире происходит постоянное развитие технологий, полезных для человека, а беспроводная передача энергии может стать новым этапом в истории человечества. Объектом исследования является электроэнергия. Предметом исследования является создание простого устройства для беспроводной передачи энергии.

**Цель работы:** выяснить, возможно ли самостоятельно создать устройство для беспроводной передачи энергии, не используя специализированное оборудование.

### **Задачи исследования:**

1. Изучить историю происхождения беспроводной передачи энергии;
2. Выяснить, что побудило человечество к созданию беспроводной передачи энергии;

3. Выяснить, на чём основывается работа устройств, способных к беспроводной передаче энергии;

4. Создать устройство, которое может передавать энергию беспроводным путём.

**Гипотеза:** беспроводную передачу энергии можно осуществить без сложного оборудования, создав для этого несложное устройство; при этом оно будет обладать не очень большим КПД, и будет выполнять нужную задачу.

**Методы исследования:**

- метод теоретического исследования;
- метод эмпирического исследования;
- теоретическая часть.

**Практическая значимость:** результаты моего проекта будут полезны как людям, изучающим физику, так и обычным людям, и их можно применять как в науке, так и в повседневной жизни.

## Глава 1

### 1.1 История беспроводной энергии

В 1820 году Ампер провёл большое количество опытов и понял, что магнитное поле может создавать в металле электрический ток. Это основополагающий закон Ампера. В 1831 Майкл Фарадей открыл основной закон индукции. Этот закон стал основой для развития электромагнетизма. Джеймс Максвелл долго экспериментируя вывел уравнение Максвелла. Формула объяснила поведение электромагнитного поля. В 1888 году Генрих Герц изобрёл прибор для создания электромагнитного поля. Тесла смог его модернизировать. На Мировой выставке в 1893 г., которая произошла в Чикаго, Никола показал свечение фосфорных ламп без электропроводов. Также громадный вклад в совершенствование беспроводной передачи энергии внёс учёный из России: Александр Попов. В 1895 г. на совещании «Русского физико-химического общества» он показал детекторный радиоприёмник. Также до наших дней происходило патентование новейших изобретений в сфере беспроводной передачи электрической энергии.

Беспроводное электричество основывается на таком явлении, как электромагнетизм. В работе участвуют две катушки. Одна из них подсоединена к источнику тока. Вокруг неё создаётся магнитное поле. Вторая катушка, воспринимая это поле, индуцирует в своей катушке электрический ток. В последних разработках учёных из США и Южной Кореи использовались магнитно-резонансные системы. Благодаря им удалось передавать электроэнергию на 5 метров. Несовершенство нынешних устройств лимитирует длину пути электричества по воздуху. Учёные всего мира заняты получением новых технологий в сфере беспроводной передачи энергии. Сегодня многие из них реализуются в жизнь.

### 1.2 Технология беспроводной передачи энергии

Беспроводная передача энергии позволяет подавать питание через воздушный зазор без необходимости использования проводов. Беспроводная передача энергии может обеспечить питание от источника переменного тока для совместимых аккумуляторов или устройств без физических разъемов и проводов. Беспроводная передача энергии может обеспечить заряд мобильных телефонов, планшетов и компьютеров, автомобилей и прочего транспортного оборудования. Она может даже сделать возможной беспроводную передачу энергии в космосе, полученной от солнечных панелей.

Беспроводная передача энергии использует поля, создаваемые заряженными частицами, для переноса энергии через воздушный зазор между передатчиками и приемниками. Воздушный зазор закорачивается с помощью преобразования энергии в форму, которая может передаваться по

воздуху. Энергия преобразуется в переменное поле, передается по воздуху, и затем с помощью приемника преобразуется в пригодный для использования электрический ток. В зависимости от мощности и расстояния, энергия может эффективно передаваться через электрическое поле, магнитное поле или электромагнитные волны, такие как радиоволны, СВЧ излучение или даже свет.

### **1.3 Виды беспроводной передачи энергии**

#### **1) Ультразвуковой способ**

Ультразвуковой способ передачи энергии изобрели студенты университета Пенсильвании. Впервые был представлен на выставке «The All Things Digital» в 2011 году. Для передачи использовался приёмник и передатчик. Передатчик излучал ультразвук; приёмник принимал его и преобразовывал в электричество. Расстояние передачи достигало 7-10 метров. При передаче была необходима прямая видимость приёмника и передатчика. С помощью этого устройства можно было передавать электричество с напряжением 8 вольт. Так же данное устройство полностью безопасно для человека, используемые ультразвуковые частоты никак на него не действуют. Практическое использование ультразвукового способа беспроводной передачи электричества невозможно, потому что КПД при этом способе очень низкий.

#### **2) Метод электромагнитной индукции**

При передаче энергии данным методом используется ближнее электромагнитное поле. Энергия этого поля не излучающая, но радиационные и резистивные потери при передаче происходят. Переменный электрический ток, идущий через первичную обмотку, создаёт переменное магнитное поле. Оно действует на вторичную обмотку. В ней создаётся электрический ток. По мере удаления вторичной обмотки от первичной, потери возрастают. Таким образом, на небольших расстояниях индуктивная связь становится неэффективной. Большая часть передаваемой энергии тратится впустую. Использование резонанса волн увеличивает дальность передачи. При резонансной индукции передатчик и приёмник настроены на одну частоту. Так же производительность может быть улучшена изменением формы волны управляющего тока от синусоидальных до несинусоидальной формы волны. Импульсная передача энергии происходит за несколько циклов. Таким образом, мощность может быть передана между двумя взаимно настроенными цепями с невысоким коэффициентом связи. Передающая и приёмная катушки, представляют собой однослойные соленоиды или плоскую спираль. Они позволяют настроить принимающую катушку на частоту передатчика. Применяется резонансная

электродинамическая индукция в зарядках аккумуляторных батарей в портативных устройствах: компьютеры, телефоны и электромобили. Техника локализованной зарядки использует выбор соответствующей передающей катушки в структуре многослойных обмоток. Резонанс используется как в передающем контуре, так и в модуле приёмника для обеспечения максимальной эффективности передачи энергии. Данная техника подходит универсальным беспроводным зарядкам, созданным для зарядки портативной электроники, такой, как мобильные телефоны. Техника принята в качестве части стандарта беспроводной зарядки Qi. Резонансная электродинамическая индукция также используется для питания устройств, не имеющих аккумуляторных батарей, таких, как RFID-метки.

### **3) Электростатическая индукция**

Данный метод представляет собой прохождение электричества через диэлектрик. В реальности это градиент электрического поля или дифференциальная ёмкость между двумя или более изолированными пластинами, электродами. Электрическое поле создается за счёт заряда пластин переменным током высокой частоты и высокого потенциала. Ёмкость между двумя электродами и питаемым устройством образует разницу потенциалов. Электрическая энергия, передаваемая с помощью электростатической индукции, может быть использована в беспроводных лампах. Тесла показал миру беспроводное питание ламп освещения. Энергия передавалась переменным электрическим полем.

### **4) Микроволновое излучение**

Направленная радиоволновая передача энергии во много раз увеличивает расстояние качественной передачи энергии. Длину волны излучения уменьшают, иногда до микроволнового диапазона. Для преобразования микроволновой энергии в электричество используют ректен. Его эффективность преобразования энергии превышает 95 %.

Японский исследователь исследовал беспроводную передачу энергии. Он создал антенную решётку. В феврале 1926 года им была опубликована работа об устройстве. Сейчас оно известно под именем «антенна Яги». Она была бесполезной для передачи энергии, но сегодня её используют для радиовещания, а также беспроводных телекоммуникациях, для этой цели она имела прекрасные характеристики. В 1945 году советский учёный Семён Тетельбаум опубликовал статью. В ней учёный исследовал эффективность микроволновой линии для беспроводной передачи электроэнергии. Позже его идея была развита, были изобретены магнетрон, который сейчас используется в СВЧ печах, в 1964 году был продемонстрирован летающий вертолёт. Энергия к нему передавалась по средствам СВЧ излучения. Беспроводную передачу электричества высокой мощности подтвердили экспериментально. Для этого были проведены десятки опытов. Они проводились в обсерватории Голдстоун в 1975 году и в 1997 году в Гранд

Бассине. В лучшем опыте была достигнута передача электроэнергии на расстоянии около 1 км. Так же экспериментами по беспроводной передаче энергии с помощью СВЧ-излучения занимался академик Пётр Капица.

## **5) Лазерный метод**

В данном методе длина волны излучения приближается к видимой области спектра. Энергию можно преобразовать в луч лазера. Который будет направлен на фотоэлемент приёмника. Лазерная передача энергии по сравнению с другими методами беспроводной передачи обладает рядом преимуществ: передача энергии на большие расстояния (за счёт малой величины угла расходимости между узкими пучками монохроматической световой волны); удобство применения для небольших изделий (благодаря небольшим размерам твердотельного лазера — фотоэлектрического полупроводникового диода); отсутствие радиочастотных помех для существующих средств связи, таких, как Wi-Fi и сотовые телефоны (лазер не создаёт таких помех); возможность контроля доступа (получить электроэнергию могут только приёмники, освещённые лазерным лучом). У данного метода есть и ряд недостатков. Преобразование низкочастотного электромагнитного излучения в высокочастотное, которым является свет, неэффективно. Преобразование света обратно в электричество также неэффективно, потому что КПД фотоэлементов достигает 40-50 %, хотя эффективность преобразования монохроматического света значительно выше, чем эффективность солнечных панелей; потери в атмосфере; необходимость прямой видимости между передатчиком и приёмником (как и при микроволновой передаче). Технология передачи мощности с помощью лазера ранее, в основном, исследовалась при разработке новых систем вооружений и в аэрокосмической промышленности, а в настоящее время разрабатывается для коммерческой и потребительской электроники в маломощных устройствах. Для лучшего понимания лазерных систем следует принимать во внимание то, что распространение лазерного луча гораздо в меньшей степени зависит от дифракционных ограничений, как пространственное и спектральное согласование характеристик лазеров позволяют увеличить рабочую мощность и дистанцию, как длина волны влияет на фокусировку. Драйденский лётно-исследовательский центр НАСА продемонстрировал полёт лёгкого беспилотного самолёта-модели, питаемого лазерным лучом. Это доказало возможность периодической подзарядки посредством лазерной системы без необходимости приземления летательного аппарата.

С 2006 года компания PowerBeam, изобретшая лазерную технологию, безопасную для глаз, также разрабатывает готовые для коммерческого применения узлы для различных потребительских и промышленных электронных устройств. В 2009 году в соревновании НАСА по передаче энергии лазером первое место и приз в \$900 тыс. получила компания LaserMotive, продемонстрировав собственную разработку, способную



действовать на расстоянии в один километр. Лазер победителя смог передать мощность в 500 Вт на расстояние в 1 км с 10 % КПД.

#### **1.4 Вывод**

В результате проведённой работы я изучил большое количество теории, связанной с беспроводной передачей энергии. Также выяснил, что устройства, способные осуществлять беспроводную передачу энергии, можно собрать самостоятельно, но это довольно трудоёмкий процесс, который требует определённых знаний и способностей как в физике, так и в радиотехнике.

## Глава 2

### 2.1 Качер Бровина

В результате изучения данной темы я пришёл к выводу о том, что вполне вероятно собрать катушку Теслы дома, но так как Никола создал её более 120 лет назад, и наверняка были созданы новые приборы, в основе которых лежат новые материалы, открытые в 20, а может быть и 21 веке. Поискав ответ на интересующую меня тему на просторе интернета, я выяснил, что существует устройство, в принципах работы которого как раз и лежат те самые, которые использовал Никола Тесла. Данное устройство называется качер Бровина, оно имеет схожий принцип работы, но при этом в его конструкции используются полупроводниковые резисторы, которых не существовало при жизни Теслы. Т.к. мой проект напрямую связан с последними инновациями в технологиях, то я считаю разумным использовать более универсальную и практичную конструкцию, поэтому я решил попробовать создать данное устройство в домашних условиях. Для его создания мне потребовались следующие предметы и материалы:

- 1) Полупроводниковый транзистор – транзистор биполярный
- 2) Провод медный обмоточный D 0,2мм
- 3) Провод медный обмоточный D 1,5мм
- 4) Резистор 33кОм
- 5) Основа для вторичной катушки, в моём случае шприц 20 мл
- 6) Батарейка-крона
- 7) Колодка для батареек
- 8) Кнопка вкл./выкл.
- 9) Некоторые инструменты (паяльник, скотч, нож, наждачная бумага)

Собирать данный качер, я решил по наиболее простой схеме, т.к. я никогда не увлекался радиоэлектроникой, и даже процесс спайки схемы был для меня чем-то новым. Пришлось изучить обозначения на схеме, их предназначение и функции, а также, что немаловажно, величины характеризующие данные приборы, потому что именно от них зависит правильность работы устройства. В некоторых аспектах сборки мне пришлось обратиться к человеку, хорошо разбирающемуся в радиотехнике, потому что без его помощи я бы наверняка не смог собрать качер.

Первым этапом моей работы было создание первичной (на схеме обозначена волнообразной линией с меньшим количеством дуг) и вторичной катушек (соответственно волнообразная линия с большим количеством дуг). Если с созданием первичной катушки у меня не возникло проблем, то со вторичной всё оказалась не так просто, т.к. она мотается очень тонкой проволокой, и витки должны не накладываться друг на друга и их должно быть более 300.

Далее я спаял нужную мне схему из транзистора, отвечающего за рабочую частоту данной схемы, и резистора, выполняющего функцию токоограничения базы транзистора.

Собрав данное устройство и затратив на это немало времени, я

столкнулся с непонятной причиной его неработы, т.к. газоразрядная лампа, при внесении в предположительную зону магнитного поля не начинала свечение (инертный газ, наполняющий её подвергается воздействию высокочастотного импульсного поля качера и должен начинать свечение). Поискав информацию о данных причинах, я столкнулся с их большим количеством и разнообразием. Оказалось, что точно определить эти причины очень сложно, в результате возникает много условностей, для решения которых надо перепробовать большое число изменений и поправок в устройстве. На что у меня ушло почти 3 недели, несмотря на практически постоянную работу над данным устройством.

Также в процессе работы у меня получалось достичь желаемого результата, но т.к. для работы данного устройства транзистор подбирал определённую частоту, то она могла достигать довольно больших значений, в результате чего транзистор перегревался и начинал дымить. Поэтому в процессе работы над устройством было решено добавить в схему радиатор на транзистор, чтобы частично решить проблему с перегревом, поскольку из-за неё сгорело 4 транзистора. Но даже радиатор не сумел решить данную проблему полностью, поэтому, в теории, схему можно усовершенствовать. Попытался рассчитать КПД качера по формуле:

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{зат}}} * 100\% , \text{ где}$$

$$A_{\text{пол}} = P_{\text{лампы}} * t$$

$$A_{\text{зат}} = I_{\text{крон}}^2 * R * t$$

( $R=33000 \text{ Ом}$ , берётся из схемы устройства и  $I_{\text{крон}} = 0,265 \text{ А}$ )

$$\eta = \frac{P_{\text{лампы}}}{I_{\text{крон}}^2 * R}$$

Подставив значения, получаю следующее:

$$\eta = \frac{11 \text{ Вт}}{(0,265 \text{ А})^2 * 33000 \text{ Ом}} * 100\% \approx 0,47\%$$

Столь низкий показатель КПД объясняется самим принципом работы качера, т.к. ещё на возникновении электромагнитного поля, а также и на процессе преобразования энергии данного поля в энергию свечения газа в лампе.

## 2.2 Вывод

В итоге у меня получилось собрать рабочее устройство, хоть оно и обладает небольшим КПД, но вполне способно осуществлять беспроводную передачу энергии. Поэтому, на мой взгляд, это успешный опыт, доказывающий мою гипотезу.

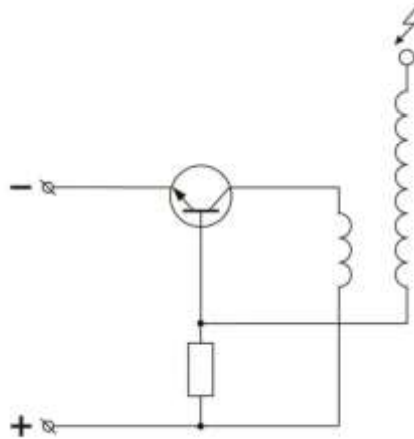
## Заключение

В результате проведённой работы я изучил большое количество теории, связанной со способами беспроводной передачи энергии. Так же выяснил, что устройства, способные осуществлять беспроводную передачу энергии, можно собрать самостоятельно, но это довольно трудоёмкий процесс, который требует определённых знаний и способностей как в физике, так и в радиотехнике. Я воссоздал экспериментальную установку, схожую с катушкой Теслы, а точнее качер Бровина. Устройство оказалось рабочим и смогло осуществить беспроводную передачу энергии. Подводя итог моей работы, я могу сказать, что гипотеза моего проекта: беспроводную передачу энергии можно осуществить без сложного оборудования, создав для этого несложное устройство; при этом оно будет обладать не очень большим КПД, и будет выполнять нужную задачу, подтвердилась. Созданный мною качер и в правду обладал довольно низким КПД. Но всё же данное устройство функционирует, несмотря на все отрицательно воздействующие на него факторы. Технология беспроводной передачи энергии поистине является революционной для нынешнего общества, т.к. начинает получать широкое распространение уже сегодня. Хотя первые масштабные опыты были проведены Николой Тесла чуть более ста лет назад, данная технология только сейчас перешла на более глобальный уровень. И можно с уверенностью сказать, что в ближайшее время именно она в процессе непосредственного развития станет одной из основополагающих в будущем.

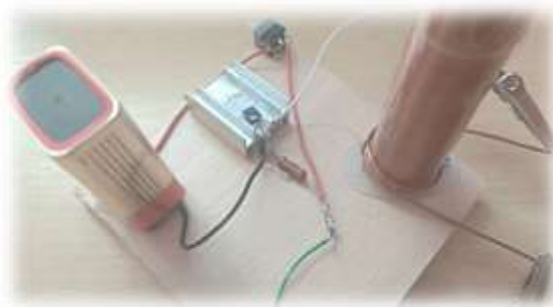
## Список литературы

1. Иваненко В. П., Мусаев А. Ф., Кузьмин В. В., Добряков А. Б., Азаев Р. А., Зуев Н. А. Микроволновые печи и безопасность их эксплуатации.
2. Калашников С.Г. Электричество. — М.: Гостехтеориздат, 1956. — 664 с.
3. Миллер М. А., Пермитин Г. В. Электромагнитная индукция // Физическая энциклопедия: [в 5 т.] / Гл. ред. А. М. Прохоров. — М.: Большая российская энциклопедия, 1999. — Т. 5: Стробоскопические приборы — Яркость. — С. 537—538. — 692 с.
4. Ржонсницкий Б. Н. Выдающийся электротехник Никола Тесла (1856— 1943). — Вопросы естествознания и техники. Институт естествознания и техники АН СССР. — Вып. I. — М., 1956. — С. 192.
5. Тарасов Л. В. Физика процессов в генераторах когерентного оптического излучения. — М.: Радио и связь, 1981. — 440 с. 6. Фейгин О. Никола Тесла: Наследие великого изобретателя. — М.: Альпина нон-фикшн, 2012. — 328 с.
6. Википедия «Беспроводная передача электричества» (<https://ru.wikipedia.org/>) (19.12.23)

## Приложение



**Рисунок 1– схема для создания Качера Бровина**



**Рисунок 2– рабочие моменты успешной работы Качера Бровина**



**Рисунок 3– рабочие моменты успешной работы Качера Бровина**