



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 62

## ТЕХНОЛОГИИ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ И ИХ ВНЕДРЕНИЕ В ПОВСЕДНЕВНУЮ ЖИЗНЬ ЧЕЛОВЕКА

**Кошкин Ф.В., Дубовсков К.Ю., Шинкарев В.В., Полуэктов Е.К.**

*ФГБОУ ВО "Оренбургский Государственный Университет", Оренбург, Россия (460018, г. Оренбург, проспект Победы, д.13, корп.3), e-mail: maildlyvsego056@mail.ru*

В данной статье описаны технологии передачи электроэнергии за счёт явлений электромагнитной индукции и электростатической индукции, а также лазерным, ультразвуковым и микроволновым методами. Приведены исторические факты об открытии законов, связанных с беспроводной передачей электроэнергии, описаны методы беспроводной передачи, приведены примеры использования этих технологий в современной жизни людей.

Ключевые слова: Явление электромагнитной индукции, беспроводная передача электроэнергии, метод электростатической индукции, ультразвуковой метод, лазерный метод.

## WIRELESS ENERGY TRANSMISSION TECHNOLOGIES AND THEIR IMPLEMENTATION IN THE DAILY LIFE OF A PERSON

**Koshkin F.V., Dubovskov K.Yu., Shinkarev V.V., Poluektov E.K.**

*FSBEI of HE Orenburg State University, Orenburg, Russia (460018, Orenburg, Pobedy Avenue, 13, building 3), e-mail: maildlyvsego056@mail.ru*

This article describes the technology of electric power transmission due to the phenomena of electromagnetic induction and electrostatic induction, as well as laser, ultrasonic and microwave methods. Historical facts about the discovery of laws related to wireless transmission of electricity are given, methods of wireless transmission are described, examples of the use of these technologies in modern people's lives are given.

Keywords: Electromagnetic induction phenomenon, wireless electric power transmission, electrostatic induction method, ultrasonic method, laser method.

Современный мир сложно представить без электрической энергии. Для людей использование приборов, которые питаются от электричества, является обычным делом в повседневной жизни. Электроэнергия стала основой прогресса. Её используют во всех сферах человеческой жизни, так как эту энергию можно преобразовывать в другие виды энергии простым образом, а её передача может происходить на большие расстояния. Наши дома оснащены разными проводами, устройствами. Чтобы включить какой-либо прибор, нам нужно всего лишь вставить вилку в розетку. Однако, человек всегда ищет способы облегчить себе жизнь. Попытки решить эту проблему привели ученых к разработкам в сфере беспроводной передачи электроэнергии.

Конечно, каждое решение порождает новые проблемы, но человек пытается решить и их. Но если в квартире не будет розеток, то не нужно будет заряжать телефон, использовать

чайник и вешать телевизор в определенном месте, а также можно будет избавиться от большого количества проводов, которые часто нам мешаются. [2, с. 58-60]

### **История беспроводной передачи электроэнергии**

Первый, кто дошел до передачи электроэнергии без проводов был Никола Тесла. Он вложил большой вклад в создание устройств на переменном токе, многофазных систем, синхронного генератора и асинхронного двигателя. С 1889 года Никола Тесла исследовал токи высокой частоты и высоких напряжений. Эти исследования создали предпосылки для создания новой отрасли электротехники, где используется техника высокой частоты. Благодаря своим работам Никола Тесла смог впервые показать беспроводную передачу электроэнергии. Он смог заставить светиться газоразрядную лампу в своих руках, находясь в электрическом поле высокочастотной катушки (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Тесла с горячей газоразрядной лампой

Никола Тесла продемонстрировал такое беспроводное освещение на всемирной выставке, проходившей в 1893 году в Чикаго. Также он зажег без проводов фосфорную лампу накаливания в 1894 году, которая была основана на резонансной частоте.

В его голове были идеи не только питания приборов без проводов, но и передача электроэнергии на расстояния. С помощью резонансных приемников он хотел создать всемирную беспроводную систему. Началом проекта была башня Ворденклиф, однако этот проект был закрыт, а сама башня была подвергнута демонтажу.

Таким образом, Никола Тесла был изобретателем, работы которого мы видим в повседневной жизни. Переход от постоянного тока к переменному и к беспроводной передаче электричества – это заслуги Никола Тесла, которые до сих пор имеют важное значение. [5, с. 1-3].

### Методы беспроводной передачи электроэнергии

Есть несколько методов передачи электроэнергии:

- Метод электромагнитной индукции, в основе которого лежит использование катушек.
- Метод электростатической индукции. Основа – прохождение электроэнергии через диэлектрик.
- Лазерный метод – за счет использования лазера и фотоэлемента.
- Ультразвуковой метод, в основе лежит использование ультразвука и приемника.
- Микроволновый метод, в основе которого лежит передача микроволнового излучения от источника к приемнику. [4, с. 1-4].

### Метод электромагнитной индукции

В основе этого метода лежит использование ближнего электромагнитного поля. Прибор состоит из двух катушек, одна из которых подключена к переменному источнику питания. Из-за протекания в катушке переменного тока создается переменное магнитное поле, которое действует на вторую обмотку, индуцируя в ней электрический ток (Рисунок 2).

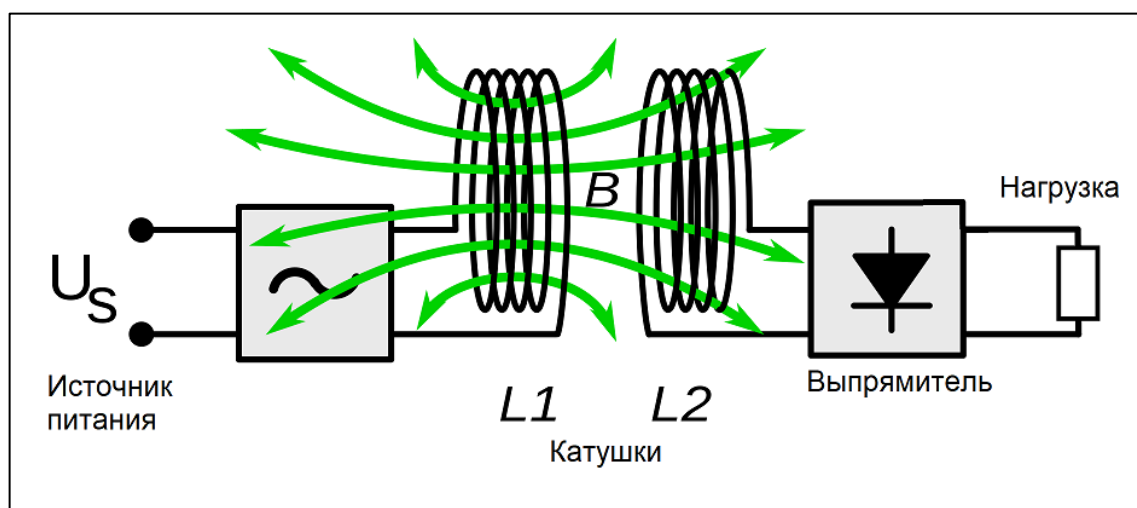


Рисунок 2 – Схема передачи электроэнергии методом электромагнитной индукции

Самым простым примером является электрический трансформатор. Обмотки электрически не связаны между собой, а передача энергии переходит с помощью взаимной индукции. Для повышения взаимодействия катушек между собой в трансформаторе используют металлические сердечники. Но использование металла для передачи электроэнергии на расстоянии будет неудобно в повседневной жизни, поэтому увеличение взаимодействия катушек достигают другим способом.

Большая эффективность в данном способе достигается путем тесного взаимодействия, но и на близких расстояниях такой метод становится неэффективным. Основные потери этого метода связаны с расстоянием между катушками. Как раз это и является минусом данного метода. Если увеличивать расстояние между катушками, то потеря энергии будет увеличиваться, так как действие переменного магнитного поля на вторичную катушку будет уменьшаться. Энергия ближнего поля сама по себе не является излучающей, однако какая-то

часть радиационных потерь происходит. Кроме этого, происходят и резистивные потери. Из-за таких проблем использование данного способа может усложниться.

Однако, возможность увеличения расстояния между катушек может достигаться путем использования резонанса колебательного контура. При резонансной индукции приемник и передатчик настроены на одну частоту. Как пример можно рассмотреть трансформатор с последовательным резонансом. В теории при последовательном резонансе колебательный контур в цепи закорачивается, из-за этого через этот контур будет проходить максимальный ток. На практике, если используется последовательный резонанс в трансформаторе, то нужно установить сопротивление, которое ограничит ток. В результате такая конструкция дает возможность создать в первичном контуре ток выше, чем при нерезонансном режиме. Следовательно, по законам Кирхгофа напряжение на вторичной катушке будет выше, так как магнитное действие первичной катушки увеличится из-за увеличения тока в ней.

Другим способом является использование резонансного колебательного контура отдельно от источника (Рисунок 3). Но действие от такого расположения катушек не меняется, так как и в этом случае будет максимальный ток в контуре, который будет создавать переменное магнитное поле, а это поле – переменный ток во вторичной катушке. [6, с. 1-3]

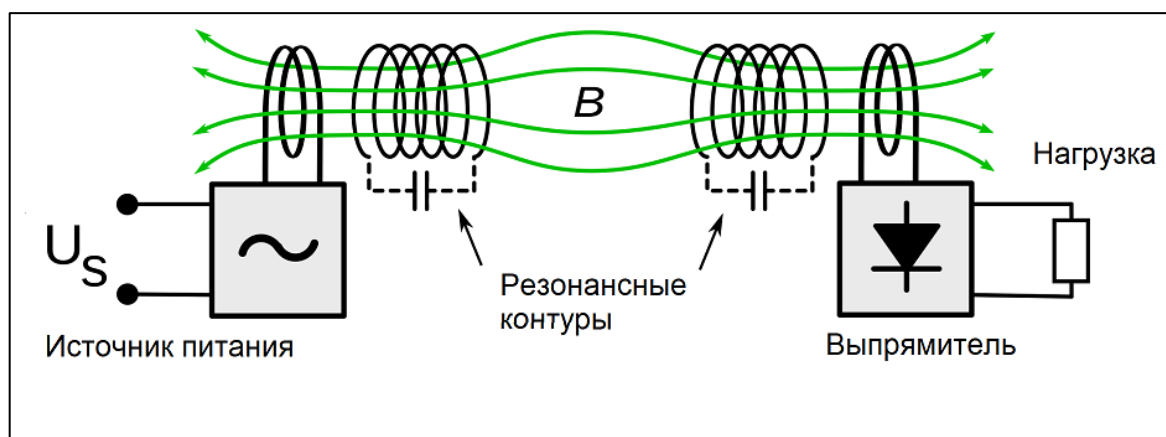


Рисунок 3 – Схема передачи электроэнергии методом резонансной электромагнитной индукции [3, с. 1-3]

### Метод электростатической индукции

Данный метод основан на прохождении энергии через диэлектрик. Такой процесс называют электростатической или ёмкостной связью. На практике – это градиент электрического поля между двумя или более клеммами, пластинами, электродами или узлами. Электрическое поле создается за счет заряда пластин переменным током высокой частоты и высокого потенциала, а ёмкость между двумя электродами и питаемым устройством создает разницу потенциалов.

Самым простым примером могут являться конденсаторы (Рисунок 4). В такой схеме также используют переменный источник напряжения, в результате создается переменное электрическое поле, причем на двух конденсаторах оно имеет разное направление. Точнее, одно направлено к приемнику, а другое от приемника. [3, с. 3-4]

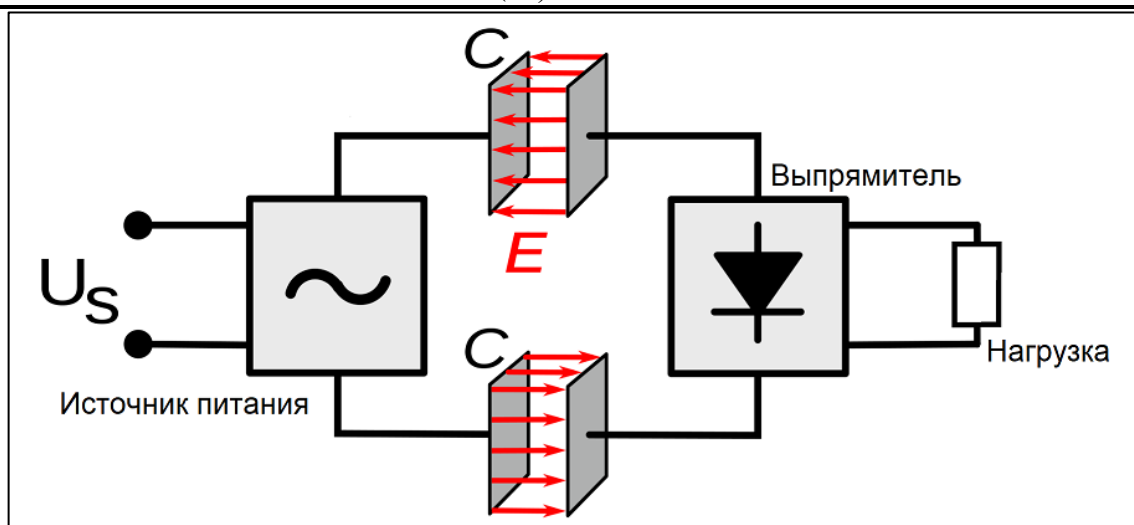


Рисунок 4 – Схема передачи электроэнергии методом электростатической индукции

### Лазерный метод

Лазер является в современном мире удобным устройством. Он преобразует энергию накачки в энергию узконаправленного потока электромагнитного излучения. Лазеры могут являться очень мощным устройством. С помощью этого устройства можно получать не только пучок света, но и тепло, с помощью которого можно обрабатывать разные материалы. Из-за такой мощности ему нашли применение и в электротехнике.

Если длина волны электромагнитного излучения приближается к видимой области спектра, то энергию можно передать путём её преобразования в луч лазера, который затем может быть направлен на фотоэлемент, тем самым преобразовывая энергию луча в электроэнергию. [4, с. 2-4]

Лазерная передача энергии по сравнению с другими методами беспроводной передачи обладает разными преимуществами. Во-первых, передача энергии может производиться на большие расстояния, так как угол расходимости у лазера очень мал, что позволяет пучку точно дойти до приёмника. К тому же это позволит применять лазер для небольших устройств, не используя никаких дополнительных оптических приборов. Во-вторых, лазерное излучение не создает помех для существующих средств связи, таких, как Wi-Fi и сотовые телефоны.

Однако, такая беспроводная передача электроэнергии обладает и недостатками. Лазерный пучок всё же является видимым излучением, поэтому для использования такой передачи нужен фотоэлемент. А эффективность такой установки будет очень мала, так как КПД фотоэлемента достигает 40-50%. К тому же при использовании данного метода на большие расстояния есть потери в атмосфере и нужна прямая видимость между передатчиком и приемником. [3, с. 5-6]

### Ультразвуковой метод

Ультразвуковой метод является лишь примером беспроводной передачи электричества, так как такой метод максимально неэффективен. Суть метода была изобретена студентами университета Пенсильвании и впервые представлена в 2011 году. В данном методе также использовался передатчик и приёмник. Передатчик излучал ультразвук, а приемник, в свою очередь, преобразовывал слышимое в электричество. На момент показа этого метода

расстояние передачи достигало от 7 до 10 метров, и была необходима прямая видимость приёмника и передатчика. Передаваемое напряжение достигало 8 вольт. Использование ультразвука никак не действует на человека. [3, с. 1-3]

Практическое применение этого метода невозможно из-за очень низкого КПД, ограничений во многих государствах на максимальный уровень звукового давления и другие причины [4, с. 1]

### Микроволновый метод

Радиоволновую передачу энергии можно сделать более направленной. Это достигается за счет уменьшения длины волны электромагнитного излучения до микроволнового диапазона. Для обратного преобразования микроволновой энергии в электричество может быть использована ректенна, эффективность преобразования которой превышает 95%. Данный способ рассматривался как вариант передачи энергии из космоса с орбитальных солнечных электростанций на Землю и питания космических кораблей, покидающих земную орбиту.

Однако, есть проблема в этом методе. Чтобы использовать такую технику в космических программах, необходима диафрагма большого размера. Например, для получения с такой электростанции микроволнового луча частотой 2,45 ГГц понадобится передающая антенна диаметром в 1 километр, а принимающая ректенна диаметром в 10 километров. Размеры можно уменьшить путем уменьшения длины передаваемой волны, но из-за этого уменьшения будет большее поглощение атмосферой. Поэтому для очень больших расстояний такой метод не эффективен, однако, этот метод всё же может преодолеть большие расстояния, в отличие от методов электромагнитной и электростатической индукции.

Простой вид схемы данного метода состоит из передатчика и приёмника (Рисунок 5). Передатчиком является передающая антенна, а приёмником – приёмная ректенна. Их размеры будут зависеть от расстояния между ними и от нужной мощности. [7, с. 1-3]

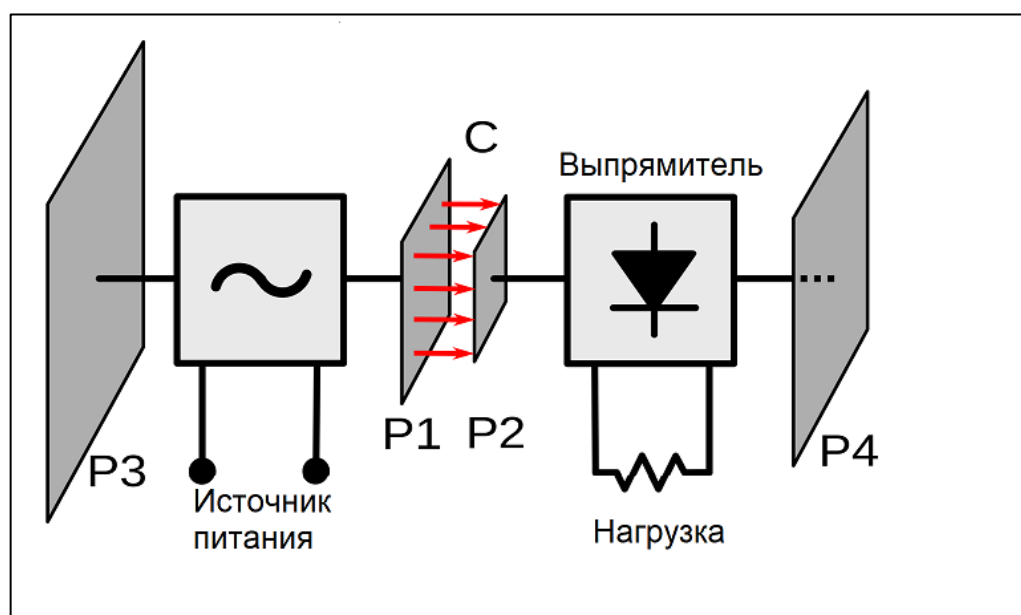


Рисунок 5 – Схема передачи электроэнергии методом микроволнового излучения [3, с. 3-5]

### **Применение беспроводной передачи электроэнергии**

Всем методам беспроводной передачи электроэнергии можно найти применение. В современном мире подобные технологии могут быть особенно полезны. Рассмотрим для применения некоторых методов беспроводной передачи электроэнергии.

Рассмотрим метод электромагнитной индукции. В повседневной жизни применение этого метода можно встретить чаще, чем другие. Этот метод удобен для приборов, которые можно зарядить на близком расстоянии, а таких устройств в настоящее время очень много.

Первым устройством, которое приходит на ум, является телефон. Обычная зарядка от телефона имеет провод, но люди решили сделать более удобное приспособление для зарядки телефона. Этим приспособлением является та же зарядка, но беспроводная (Рисунок 6). Основана она на электромагнитной индукции. [1, с. 4-5]



Рисунок 6 – Беспроводная зарядка

Помимо телефона есть и другие устройства, которые имеют аккумулятор, например, электротранспорт, а в частности общественный. Ранее уже были изобретены машины, которые работают от электричества, но они питаются от контактных проводов. А в новом типе общественного транспорта – электробусы, стоят аккумуляторы, следовательно, они и питают электродвигатель. Чтобы каждый раз не подключать машины на электродвигателях, придумали специальные места с беспроводной зарядкой (Рисунок 7). Эти места могут быть расположены как на остановках, так и на стоянках. [2, с. 354]



Рисунок 7 – Зарядная площадка электробуса [3, с. 1-2]

#### **Применение лазерного метода**

Лазерный метод является довольно неэффективным способом передачи электроэнергии на расстояния, но из-за свойств луча этот метод можно использовать в некоторых устройствах.

Лазерную подзарядку для беспилотного самолета-модели продемонстрировали в Драйденском летно-исследовательском центре НАСА. Теперь стало возможным подзарядить летающие аппараты прямо в воздухе. Этот метод обходит обычные солнечные батареи, так как эффективность лазерного луча выше, чем солнечного, а также есть возможность использования этого метода в ночное время.

Следующее применение продемонстрировала компания PowerBeam. С 2006 года она разрабатывает готовые для коммерческого применения узлы для различных потребительских и промышленных электронных устройств. Эти узлы как раз основаны на лазерном луче. [7, с. 4-5]

#### **Применение микроволнового метода**

Микроволновое излучение показало себя, как хороший способ передачи электроэнергии на большие расстояния. Микроволна является направленной волной, что делает микроволновый метод удобным для распространения.

Инженеры стартапа Emodr уже разрабатывают систему на микроволнах. Из-за направленности микроволн передатчик не должен находиться вблизи потребителя, следовательно, электроэнергию можно передать со станции сразу к потребителю без проводов. Приемник может быть совсем небольших размеров (Рисунок 8). [4, с. 4-5]





Рисунок 8 – Приёмник микроволновых волн Emord [7, с. 3-4]

### **Заключение**

Таким образом, использование в настоящее время беспроводной передачи электроэнергии возможна. Методы беспроводной передачи удобны как для дальнего расстояния, так и для ближнего, но в любом найдутся свои минусы.

У идеи беспроводной передачи электричества есть свои проблемы. Во-первых, многие методы добавляют свои минусы, так как физика их работы довольно разная. Будет сложно использовать разные методы в одном доме, а если использовать только один метод, то это не избавит нас от всех проводов. Во-вторых, самый главный минус – экономическая составляющая беспроводной передачи. Во многих методах такая передача уменьшает КПД, и если подсчитать затраты, которые получит потребитель за удобство, то будет выгоднее и удобнее использовать старые методы. К тому же многие идеи требуют средства на развитие, производство новых деталей и проектирование новых систем

### **Список литературы**

1. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники / Л. А. Бессонов. – 4-е изд. – М.: Высш. шк., – 1964. – 752 с.
2. Елдышев, Ю. Н. Электричество без проводов – мечта сбывается? / Ю. Н. Елдышев // Экология и жизнь, 2010 – N 4. – С. 58-60.
3. Беспроводная передача электричества [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспроводная\\_передача\\_электричества](https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспроводная_передача_электричества) (дата обращения 06.04.2023).
4. Беспроводная передача электроэнергии [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://amperof.ru/teoriya/besprovodnaya-peredacha-elektroenergii.html> (дата обращения 06.04.2023).
5. Тесла, Никола [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Тесла,\\_Никола#Изобретения\\_и\\_научные\\_работы](https://ru.wikipedia.org/wiki/Тесла,_Никола#Изобретения_и_научные_работы) (дата обращения 06.04.2023).

6. Резонансная индуктивная связь [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Resonant\\_inductive\\_coupling](https://en.wikipedia.org/wiki/Resonant_inductive_coupling) (дата обращения 06.04.2023).
7. Беспроводное электричество: от идеи до реализации [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mentamore.com/covremennye-texnologii/besprovodnoe-elektrichestvo.html#:~:text=Беспроводная%20передача%20электричества%3A%20что%20это%2C%20электрической%20цепи%20из%20токопроводящих%20элементов> (дата обращения 06.04.2023).

## References

1. Bessonov, L. A. Theoretical foundations of electrical engineering / L. A. Bessonov. - 4th ed. – М.: Higher School, - 1964. – p. 752
  2. Eldyshev, Yu. N. Electricity without wires – is a dream coming true? / Yu. N. Eldyshev // Ecology and life, 2010 – N 4. – pp. 58-60.
  3. Wireless transmission of electricity [Electronic resource] – Access mode: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспроводная\\_передача\\_электричества](https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспроводная_передача_электричества) (accessed 06.04.2023).
  4. Wireless transmission of electricity [Electronic resource] – Access mode: <https://amperof.ru/teoriya/besprovodnaya-peredacha-elektroenergii.html> (accessed 06.04.2023).
  5. Tesla, Nikola [Electronic resource] – Access mode: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Tesla,\\_Nikola#Invention\\_and\\_scientific\\_work](https://ru.wikipedia.org/wiki/Tesla,_Nikola#Invention_and_scientific_work) (accessed 06.04.2023).
  6. Resonant inductive coupling [Electronic resource] – Access mode: [https://en.wikipedia.org/wiki/Resonant\\_inductive\\_coupling](https://en.wikipedia.org/wiki/Resonant_inductive_coupling) (accessed 06.04.2023).
  7. Wireless electricity: from idea to implementation [Electronic resource] – Access mode: <https://mentamore.com/covremennye-texnologii/besprovodnoe-elektrichestvo.html#:~:text=Беспроводная%20передача%20электричества%3A%20что%20это%2C%20электрической%20цепи%20из%20токопроводящих%20elements> (accessed 06.04.2023).
-