

УДК 621.3

Рустамов Н.Т.*Международный казахско-турецкий университет имени Х.А.Яссави, Казахстан***Досанов Н.Е.***Международный казахско-турецкий университет имени Х.А.Яссави, Казахстан***Бекболат М.С.***Международный казахско-турецкий университет имени Х.А.Яссави, Казахстан***СТОЯЧИЕ ВОЛНЫ И ТРАНСФОРМАТОР ТЕСЛА****Rustamov N.T.***International Kazakh-Turkish University. H.A.Yassaviyy, Kazakhstan***Dossanov N.E.***International Kazakh-Turkish University. H.A.Yassaviyy, Kazakhstan***Bekbolat M.S.***International Kazakh-Turkish University. H.A.Yassaviyy, Kazakhstan***STANDING WAVES AND TESLA TRANSFORMER****Аннотация.**

В данной работе рассматривается вопрос связанный индуцированным методом беспроводной передачи электрической энергии. Раскрывается физическая суть такой передачи электрической энергии. Выдвигается концепция, что вокруг соленоида порождается полый «резонатор» или «волновод» заполненный магнитным полем. В возникшей вокруг трансформатора Тесла «волноводе» образуется стоячая волна. На пучках этой волны собирается электрическая энергия. Передача этой энергии зависит от размеров «волновода», т.е. от размеров магнитного поля создаваемой второй обмоткой трансформатора Тесла. В конце работы описывается техническая реализация выдвинутой концепции.

Abstract.

This paper considers the issue of induced method of wireless transmission of electrical energy. The physical essence of that kind of transfer of electrical energy is being revealed. The concept that a hollow “resonator” or “waveguide” filled with a magnetic field is generated around a solenoid is being advanced. In the waveguide that has arisen around the Tesla transformer, a standing wave is formed. Electrical energy is collected on the beams of this wave. The transfer of this energy depends on the size of the “waveguide”, i.e. on the size of the magnetic field created by the second winding of the Tesla transformer. At the end of the work describes the technical implementation of the advanced concept.

Ключевые слова. Трансформатор Тесла, беспроводная передача, «волновод», «резонатор», соленоид, магнитное поле, стоячая волна, пучки и узлы стоячей волны.

Keywords. Tesla transformer, wireless transmission, “waveguide”, “resonator”, solenoid, magnetic field, standing wave, beams and nodes of a standing wave.

Введение. Проблема беспроводной передачи электроэнергии на расстояние уже более столетия будоражит умы ученых и заставляет их проводить бесконечные исследования в этой области. Пионером в освоении и исследовании методов передачи энергии на расстояние, без каких либо проводов можно с уверенностью считать Николу Тесла. Он обнаружил, что электроэнергия может передаваться и через землю, и через атмосферу. В ходе своих исследований он добился возгорания лампы на умеренных расстояниях и зафиксировал передачу электроэнергии на больших дистанциях[1,2,3]. Его методы были основаны на явлениях электромагнитной индукции[4].

При беспроводной передаче энергии методом электромагнитной индукции используется ближнее электромагнитное поле на расстояниях около одной шестой длины волны. Электрический трансформатор является простейшим устройством для беспроводной передачи энергии. Первичная и вторичная обмотки трансформатора прямо не свя-

заны. Передача энергии осуществляется посредством процесса, известного как взаимная индукция. Беспроводная передача электрической энергии (WPT) позволяет подавать питание через воздушный зазор без необходимости использования электрических проводов. Беспроводная передача электрической энергии использует поля, создаваемые заряженными частицами, для переноса энергии через воздушный зазор между передатчиками и приемниками. Воздушный зазор заворачивается с помощью преобразования электрической энергии в форму, которая может передаваться по воздуху. Электрическая энергия преобразуется в переменное поле, передается по воздуху, и затем с помощью приемника преобразуется в пригодный для использования электрический ток. Такого тока называют током смещения[5,6].

Целью работы является обоснование беспроводной передачи электрической энергии на базе стоячих волн возникающих в магнитном поле вокруг соленоида.

Метод решение. Беспроводное электричество в буквальном смысле представляет передачу электрической энергии без проводов. Часто эту технологию сравнивают с передачей информации, к примеру, с Wi-Fi, сотовыми телефонами и радио. Беспроводная электроэнергия – это сравнительно новая и динамично развивающаяся технология.

До последнего времени наиболее совершенной технологией передачи электроэнергии считалась магнитно-резонансная система CMRS, созданная в 2007 году в Массачусетском технологическом институте. Данная технология обеспечивала передачу тока на расстояние до 2,1 метра. Однако запустить ее в массовое производство мешали некоторые ограничения, к примеру, высокая частота передачи, большие размеры, сложная конфигурация катушек, а также высокая чувствительность к внешним помехам, в том числе к присутствию человека.

Однако ученые из Южной Кореи создали новый передатчик электроэнергии, который позволит передавать энергию до 5 метров. А все приборы в комнате будут питаться от единого хаба. Резонансная система из дипольных катушек DCRS способна работать до 5 метров. Система лишена целого ряда недостатков CMRS, в том числе применяются довольно компактные катушки размерами 10×20×300 см, их можно незаметно установить в стены квартиры.

Самая реалистичная из технологий — беспроводное электропитание на основе электромагнитной индукции[7].

Предлагаемая технология основана на магнетизме и электромагнетизме и базируется на ряде простых принципов работы. В первую очередь это касается наличия в системе двух катушек. Многие свойства переменных и статических полей совпа-

дают. Но между ними имеются существенные различия. Вокруг неподвижного электрона (в реальности он не бывает неподвижным) имеется лишь статическое поле. Если начинается его движение, то вокруг него возникает и магнитное поле. При этом, чем быстрее движется данный электрон, напряженность данного магнитного поля будет выше. Однако движущееся магнитное поле создает и индуктированное поле. В результате вокруг электрона образуется индуктированное (вихревое) поле.

Как известно, электрическое поле представляет векторное поле, возникающее вокруг частиц или тел, обладающих электрическим зарядом, в том числе появляющееся при изменении магнитного поля, к примеру, в электромагнитных волнах. Оно является одним из двух компонентов электромагнитного поля.

Часть пространства, ограниченная со всех сторон металлическими стенками, называется полым резонатором. В резонаторе может существовать система стоячих волн с определенными частотами (собственными частотами резонатора). Эта система волн определяется путем решения уравнений

$$\Delta \vec{E} + \frac{\omega^2}{c^2} \vec{E} = 0, \operatorname{div} \vec{E} = 0 \quad (1)$$

$$\text{с граничным условием } E_r = 0 \quad (2)$$

Для создания таких волн нужны определенные условия. В этом случае понадобится полый «резонатор» или «волновод». Если проанализируем соленоид, тогда через него течет переменный ток, то сразу видно, что вокруг него образуется «волновод» заполненный магнитным полем. Такое представление соленоида показано на рис.2.

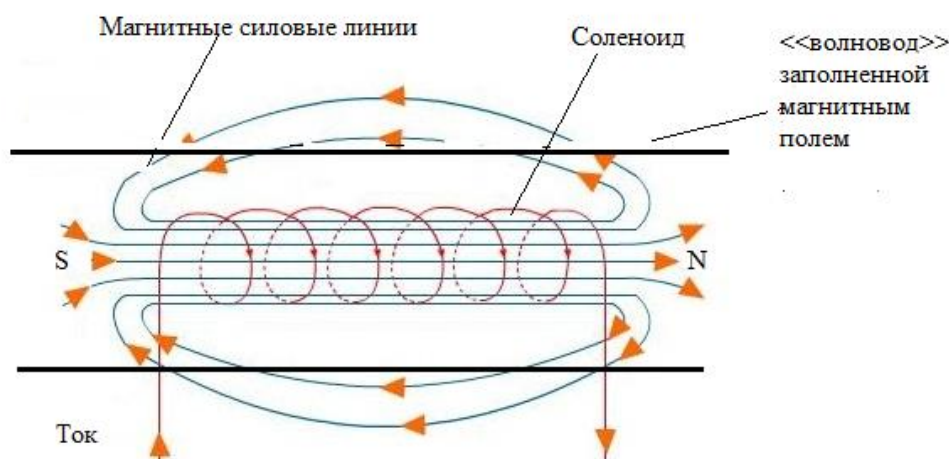


Рис.1. Вид соленоида, когда через него течет переменный ток

Такой соленоид идеальное устройство для создания стоячей волны. В принципе, беспроводная передача электроэнергии с помощью трансформатора Тесла работает на таком «волноводе». Ниже рассмотрим эту технологическую версию.

Первичная обмотка трансформатора Тесла является частью колебательного контура. Амплитуда

тока в колебательном контуре Q раз больше амплитуды питающего контура. Q – это добротность, значит колебательный контур создает Q раз большее магнитное поле, чем обмотка без резонансного контура.

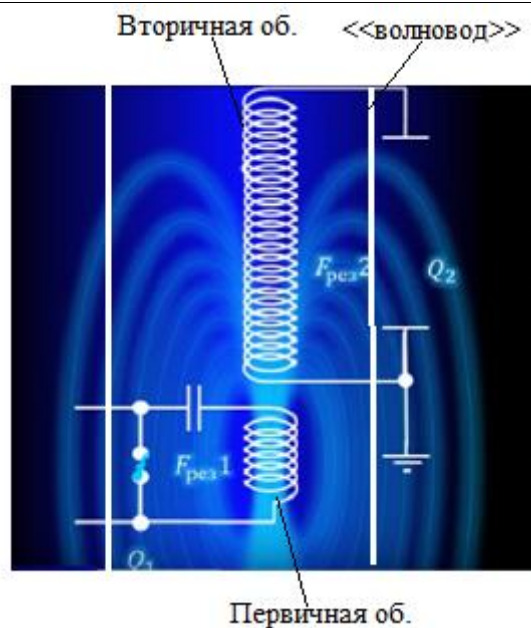


Рис.2. Вид трансформатора Тесла

А увеличение амплитуды магнитного поля, повлечет за собой увеличение ЭДС во вторичной обмотке. Таким образом, за счет резонанса достигается еще большее увеличение напряжения на выходе трансформатора Тесла. И еще одно: вторичная обмотка - это тоже колебательный контур. Сама обмотка - индуктивность контура, а конденсатором служит емкость на верхушке катушки верхней обкладки. И земля - нижняя обкладка. Если частоты первичного и вторичного контура совпадают, то амплитуда увеличивается не только Q_1 раз, но и в Q_2 раз. Здесь самое интересное и самое важное. Ра-

бота вторичной обмотки Тесла, в роли длинной линии. Длинная линия - это провод геометрические размеры второго сопоставления длины волны колебания.

Наложение волны в длинной линии

Провод вторичной обмотки катушки Тесла - это длинная линия. В длинной линии, возможно, такое явление, как наложения прямых и отраженных волн. На рисунке вы можете видеть вторичную обмотку трансформатора Тесла.

А также изображения прямых и отраженных волн, движущие в проводе, которым намотана вторичная обмотка.

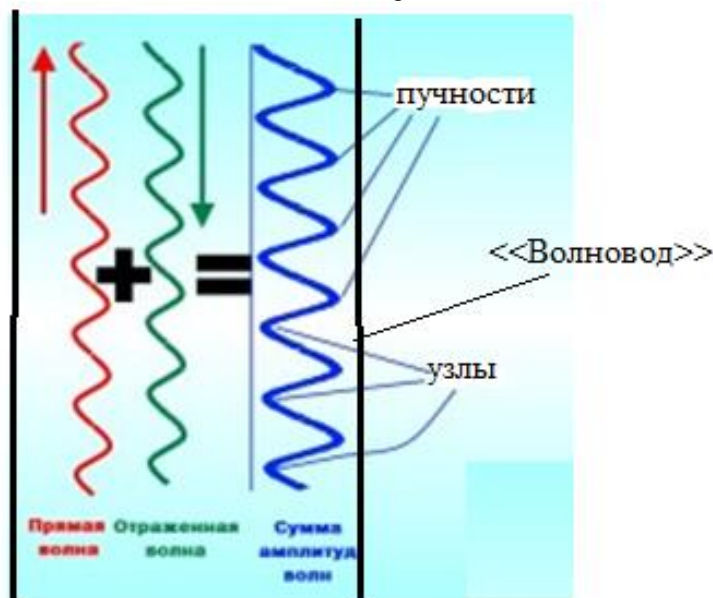


Рис. 3. В реальности длина волны больше длины провода.

Прямая волна - это колебание, наведенная во вторичной цепи со стороны первичной обмотки. Прямая волна движется от нижней части обмотки к верхней. Когда прямая доходит до волн, а вторич-

ная обмотка она отражается и называется отраженной волной. Отраженная волна продолжает свое движение уже сверху вниз, при этом происходит

наложение прямых и отраженных волн. В определенных точках мы получаем максимумы амплитуды пучности, а между ними минимумы или узлы.

На рисунке, для легкости восприятия длина волн показана меньше длины провода, из чего в обмотку помещается много длинных волн. В реальной длине больше длины провода. Сам процесс сложения на прямых и отраженных волн это не влияет. Когда прямые и отраженные волны складываются в сайде, образуются максимум амплитуды или пучности, когда накладываются в противофазе минимум или узел. Наилучший результат возникает тогда, когда длина провода составляет четверть длины колебаний. Тогда у нас образуется классический случай стоячей волны.

Но, рационально пользоваться одной четвертью, когда длина провода на четверти волны, на верхнем конце обмотки мы получаем чистый максимум напряжения при минимуме тока $I_{\min}$, а в заземленном конце - максимум тока $I_{\max}$ при минимуме напряжения $U_{\min}$.

Возникает вопрос: во сколько раз можно увеличить напряжение за счет сложения прямых и отраженных волн? Вот тут самое интересное.

- амплитуду колебания можно увеличить ровно во столько раз, сколько сложено прямых и отраженных волн.

Например, если частота колебаний 1 мГц, а частота разрядов 1 кГц, то мы получаем тысячекратное увеличение напряжения за счет сложения волн.

- Если складываются 1000 волн, то амплитуда возрастает в 1000 раз.

Давайте посчитаем, какова должна быть длина провода вторичной обмотки при 1 МГц, чтобы точно попасть в четверть длины волны.

Длина волны: $\lambda = \frac{c}{F}$; так как нам нужно четверть длина волны.

$$\text{Провод: } l_{\frac{\lambda}{4}} = \frac{c}{4F} = \frac{3 \cdot 10^8}{4 \cdot 10^6} = 75 \text{ [метров]}.$$

Тогда мы получим значительное усиление коэффициента по напряжению. Теперь можно рассчитать какое напряжение на выходе трансформатора Тесла мы получим при заданных параметрах. $U_{\text{вх}} = 100 \text{ В}$

$$Q_1 = 20, k = 0.5, Q_2 = 5, \text{КНВ} = 1000, F_1 = F_2, U_{\text{вых}} - ?$$

Решение:

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} \cdot Q_1 \cdot k \cdot Q_2 \cdot \text{КНВ} = 100 \cdot 20 \cdot 0.5 \cdot 5 \cdot 1000 = 5000000 \text{ В}.$$

Таким образом, небольшая катушка Тесла с хорошей настройкой может выдать несколько миллионов вольт при питании напряжения в 100 вольт.

Техническая реализация.



Рис.3. Трансформатор Тесла

Здесь 1 – обмотка тр. Тесла, 2-пов.трансформатор, 3- резонатор.

Возле этого трансформатора Тесла возникает «волновод», как показанной на рис.2. В этом «вол-

новде» порождается стоячая волна, как показанной на рис. 3. На рис. 4 показана практическая реализация предложенной концепции.



Рис. 4 Беспроводная передачи эл. энергии трансформатором Тесла.

Выводы. Основной функцией трансформатора является увеличение или уменьшение первичного напряжения. Бесконтактные зарядные устройства мобильных телефонов и электрических зубных щёток являются примерами использования принципа электродинамической индукции. Индукционные плиты также используют этот метод. Основным недостатком метода беспроводной передачи является крайне небольшое расстояние его действия. Приёмник должен находиться в непосредственной близости к передатчику для того, чтобы эффективно с ним взаимодействовать.

Беспроводная передача электрической энергии (WPT) дает нам шанс избавиться от тирании кабелей питания. В настоящее время эта технология проникает во все виды устройств и систем. Давайте взглянем на нее!

Большинство современных жилых домов и коммерческих зданий питаются от сетей переменного тока. Электростанции генерируют электричество переменного тока, которое доставляется в дома и офисы с помощью высоковольтных линий электропередачи и понижающих трансформаторов.

Электричество поступает в распределительный щит, а затем электропроводка доставляет электричество к оборудованию и устройствам, которые мы используем каждый день: светильники, кухонная техника, зарядные устройства и так далее.

Все компоненты стандартизованы. Любое устройство, рассчитанное на стандартные ток и

напряжение, будет работать от любой розетки по всей стране. Хотя стандарты разных стран и различаются между собой, в конкретной электрической системе любое устройство будет работать при условии соблюдения стандартов данной системы.

Тут кабель, там кабель... Большинство наших электрических устройств обладает кабелем питания от сети переменного тока.

Литература

1. Стребков Д. С. Резонансные методы передачи электрической энергии. М.: ВИЭСХ, 2006.
2. Никола Тесла. Лекции и статьи. М.: Tesla Print, 2003.
3. Исследование резонансной системы передачи электрической энергии // Информационные ресурсы России. 2011. №3. С. 21 – 24.
4. Nikola Tesla On His Work With Alternating Currents and Their Application to Wireless Telegraphy, Telephony and Transmission of Power, pp. 26-29. (англ.) Об однопроводной системе передачи силовой электрической энергии // Сборник научных трудов НГТУ. 2011. № 2(64). С.123 – 134.
5. Тамм И.Е. Основы теории электричества. «Наука», 1966.
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. «Наука», 1967.
7. Рустамов Н.Т., Кибишов А., Бекболат М.С.. Использование системы беспроводной передачи электрической энергии на расстоянии. Вестник МКТУ им. Х.А.Ясауи, №2, 2018, с.84-93.