

## **БЕСПРОВОДНАЯ ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ЧЕРЕЗ АТМОСФЕРУ ПЛАНЕТЫ ЗЕМЛЯ СПОСОБОМ НИКОЛЫ ТЕСЛЫ И СОВРЕМЕННЫМИ СПОСОБАМИ**

*Жуковский П.Н., студент гр.348804*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Андрианова Е.В. – ассистент кафедры физики*

**Аннотация.** Рассмотрен способ беспроводной передачи энергии, изобретенный Николой Тесла, с объяснением предполагаемой природы явления доступным математическим аппаратом. Описаны применяемые человечеством способы беспроводной передачи энергии и возможность создания космической солнечной электростанции. Предложено использование однопроводного питания для автономного энергообеспечения внутри малых населённых пунктов при аварийной ситуации, вызванной повреждением наружных ЛЭП.

**Ключевые слова.** Передающий трансформатор, передача энергии, приёмный конденсатор, ионосфера, ёмкость связи, задающий генератор, волновые процессы, тороид, принципы формирования высокого напряжения, согласование нагрузки, поток энергии лазерного излучения, ректенна, переизлучение, циклотронный преобразователь энергии, токи смещения, реактивный ток.

Американский изобретатель Никола Тесла (1856-1943) – по национальности серб- придумал повсеместно используемые ныне переменный ток и трансформатор. Изобретенное он использовал по-своему. Никола Тесла первым экспериментировал с беспроводной передачей энергии. Вначале он пытался разработать беспроводную систему освещения, основанную на индуктивной емкостной связи ближнего поля, и провёл публичные демонстрации, на которых он зажигал лампы накаливания в 1892 году в Лондоне, а через год в Филадельфии (США). В 1893 году на съезде ассоциации электрического освещения в Сант-Луисе (США) Тесла продемонстрировал электрические лампы, горящие без подводящих проводов, и работающий без подключения к электрической сети электромотор [1]. Эту необычную экспозицию он прокомментировал следующим образом: «Я имею в виду передачу сигналов, а также и энергии на любое расстояние без проводов. Мы уже знаем, что электрические колебания могут передаваться по единственному проводнику. Почему же не воспользоваться этой цели Землей? Если мы сможем установить период колебаний электрического заряда Земли при его возмущении, связанном с действием противоположно заряженной цепи, это будет фактом чрезвычайной важности, который послужит на благо всего человечества» [1].

Сообщения об аналогичных экспериментах часто появлялись в печати в начале прошлого века. Русский, советский писатель Максим Горький (1868-1936) в книге «Беседы о ремесле» (1930) отметил: «В текущем году Гульельмо Маркони (1874-1937) передал по воздуху электроток из Генуи в Австралию и зажег там электрические лампы на выставке в Сиднее. Это же было сделано в 1903 году в России, литератором и ученым Михаилом Филипповым (1858-1903), который несколько лет работал над передачей электротока по воздуху и в конце концов зажег из Петербурга электрическую люстру в Царском Селе (на расстоянии 27 километров). Тогда на этот факт не было обращено должного внимания».

Теслу заявил в печати, что намерен осветить Всемирную промышленную выставку в Париже, которую предполагалось провести в 1903 году, энергией электростанции, расположенной на Ниагарском водопаде и переданной в Париж без проводов. Тесла намеревался передавать сообщения, телефонную связь и даже факсимильные изображения через Атлантику в Англию и на корабли в море, основываясь на использовании поверхности Земли для проведения сигналов.

В 1901 году началось строительство башни **Уорденклиф** (Wardenclyffe, 1901–1917), или башни Тесла около пролива Лонг-Айленд (Шорхэм, Нью-Йорк) показана на рисунке 1. Архитектор Стэнфорд Уайт построил основное здание лаборатории. Громадная металлическая башня с гигантской медной тарелкой на вершине была построена архитектором Уолтером Кроу.

Первоначально башня Тесла, была экспериментальной беспроводной станцией передачи данных. Чтобы лучше конкурировать с телеграфной системой Гульельмо Маркони, Тесла решил расширить объект и реализовать свои идеи беспроводной передачи энергии. Условием создания всемирной беспроводной системы являлось строительство более тридцати приёмо-передающих станций (резонансных приёмников) по всему миру. Совмещение передачи энергии с радиовещанием, с направленной беспроводной связью, позволило бы избавиться от высоковольтных линий электропередачи, и объединило бы электрические генерирующие мощности всей планеты, предоставило бы всем желающим бесплатную электроэнергию. Тесла неоднократно демонстрировал беспроводную передачу электрической энергии от передающей к приемной катушке башни Ворденклиф. В его беспроводной системе передачи (патент США № 1119732, «Аппарат для передачи электрической энергии», 1902) приемная катушка действует как понижающий трансформатор с

высоким выходным током. Параметры передающей катушки тождественны приёмной.



Рисунок 1- Башня Уорденклиф (Нью-Йорк), 1904 г.

Внезапное прекращение финансирования миллионером Джоном Морганом остановило проект «Уорденклиф» в 1906 году. Правительство США, опасаясь, что башня станет маяком для германских кораблей, приняло решение о её демонтаже с помощью взрыва в 1917 году. Башня была снесена на металлолом в 1917 году; её электрооборудование было передано в залог в 1922 году. В течение 50 лет Wardenclyffe был предприятием, производившим товары для фотографий. Основное кирпичное здание «Уорденклиф» размером 29 на 29 м стоит по сей день.

Вывод Теслы о том, что во время эксперимента в Колорадо-Спрингс энергия была передана на расстояние 42 километра с к.п.д., равным около 90%, слишком оптимистичен. Напомню- общая мощность зажженных на расстоянии ламп составляла 10 кВт, или 13 л.с., в то время как мощность динамо-машины, питавшей вибратор, достигала 300 л.с. То есть можно говорить о к.п.д. всего лишь 4-5%. Этот широко известный эксперимент Теслы до сих пор не повторен.

Феномен переноса электрической мощности продольными волнами объясним известной на сегодняшний день физикой. Тесла **заявлял**, что его волны имеют негерцовский тип и **являются продольными**, о чём он спорил с Генрихом Герцем (1857-1894) и даже, в результате поставленных в то время экспериментов, доказал ему свою правоту.

Наиболее *простой* в понимании *способ передачи* электрической мощности при помощи ионосферного слоя показан на рисунке 2. В этом случае, передающий ионосферный уединённый конденсатор  $C_1$  располагается на высоте 150-400 км, или выше, где наблюдается максимальная концентрация ионов. Для высоких потенциалов этот слой является проводящим, поэтому такой же приёмный ионосферный конденсатор  $C_2$  может быть расположен в любой точке планеты, на любом удалении от  $C_1$ . Доставлять заряды в передающий ионосферный конденсатор можно разными способами, например, по лазерному лучу. Причём это можно делать как с Земли, так и с её спутника - солнечной электростанции, расположенной на орбите и вращающейся синхронно с планетой.

Приёмный конденсатор может располагаться не обязательно в ионосфере, которая образует с Землёй определённую ёмкость  $C$ . Его можно разместить и на небольшой высоте ( $C_3$ ), тогда передача энергии будет осуществляться через ёмкость  $C_0$ , образованную между ионосферой и этим конденсатором. При этом энергия, принятая приёмником, при той же площади конденсатора, будет меньшей, но площадь конденсатора приёмника можно пропорционально увеличить. В этом случае, передающий ионосферный уединённый конденсатор  $C_1$  располагается на высоте 150-400 км, или выше, где наблюдается максимальная концентрация ионов. Для высоких потенциалов этот слой является проводящим, поэтому такой же приёмный ионосферный конденсатор  $C_2$  может

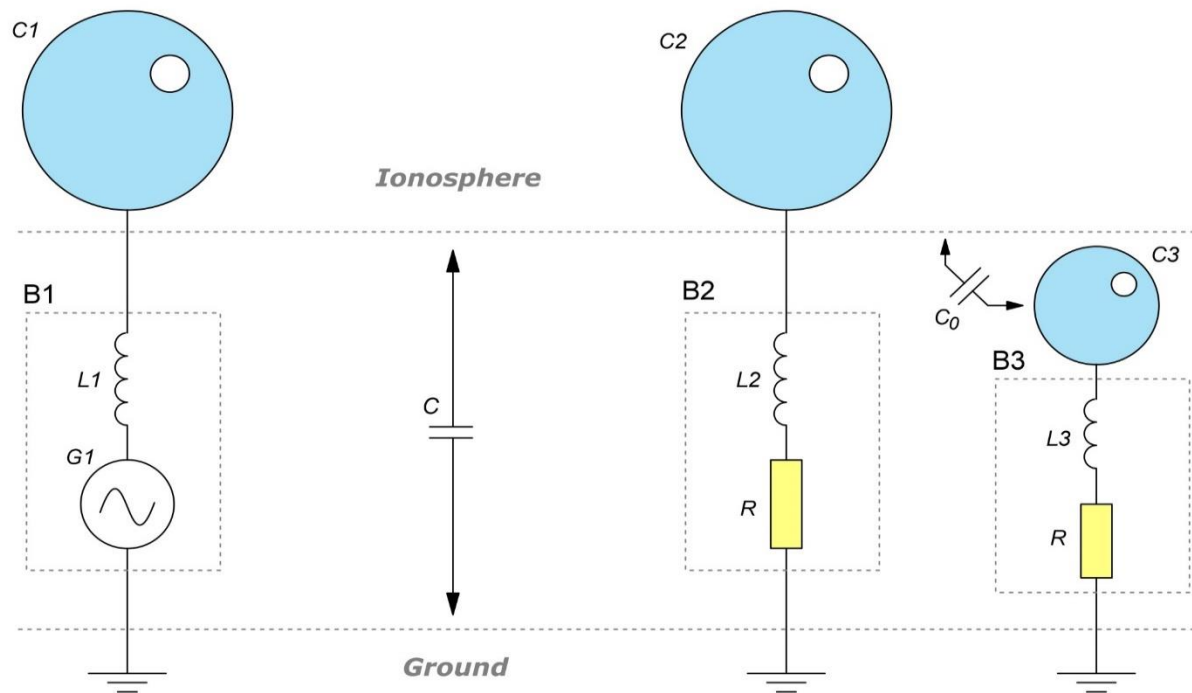


Рисунок 2 - Первый способ передачи электрической мощности через ионосферный слой.

быть расположен в любой точке планеты, на любом удалении от  $C_1$ . Доставлять заряды в передающий ионосферный конденсатор можно разными способами, например, по лазерному лучу. Причём это можно делать как с Земли, так и с её спутника -солнечной электростанции, расположенной на орбите и вращающейся синхронно с планетой.

Приёмный конденсатор может располагаться не обязательно в ионосфере, которая образует с Землёй определённую ёмкость  $C$ . Его можно разместить и на небольшой высоте ( $C_3$ ), тогда передача энергии будет осуществляться через ёмкость  $C_0$ , образованную между ионосферой и этим конденсатором. При этом энергия, принятая приёмником, при той же площади конденсатора, будет меньшей, но площадь конденсатора приёмника можно пропорционально увеличить.

Преимуществом этого способа передачи является примерно одинаковое расстояние между ионосферой и приёмным конденсатором  $C_3$ , а значит — примерно постоянную ёмкость связи  $C_0$  в любой точке планеты. Это позволит рассчитывать и производить приёмники электрической энергии независимо от их географической привязки.

*Второй способ передачи* электрической мощности через атмосферу зависит от расстояния между передатчиком и приёмником, где приёмный и передающий конденсаторы располагаются на относительно небольшом расстоянии от поверхности планеты, на до ионосферной (меньшей) высоте, показан на рисунке 3. Вероятно, именно этот вариант применял Тесла в его башнях.

Таким образом, первый и второй способ предполагает передачу энергии через ёмкость  $C_0$ , а значит - через ток смещения, который при расстояниях (высоте башни) порядка четверти длины электромагнитной волны ( $\lambda = 300000 / 150000 = 2$  км) задающего генератора вызовет волновые процессы. Описание волновых процессов значительно усложняет повествование, а сам расчёт мощности, по-моему, от этого сильно не изменится. Поэтому волновые процессы не описываю.

Конструкцию передающего и приёмного трансформаторов - катушек  $L_1$  и  $L_2$  - я здесь не рассматриваю, т.к. они могут иметь различные принципы формирования высокого напряжения.

Для упрощения модели и расчёта передающей башни, для простоты объяснения принципа работы допускаю следующее [2]:

1. В модели передающий и приёмный конденсаторы ( $C_{S1}$ ,  $C_{S2}$ ) имеют форму шара, но могут быть пересчитаны в эквивалентную конструкцию, например, тороид. Высота их расположения над поверхностью земли составляет 10 и более их диаметров. В нашей модели мы будем рассматривать один передающий и один приёмный конденсатор, в состав которых входит ёмкость шара относительно земли и уединённая ёмкость соответствующих им катушек -  $L_1$  и  $L_2$ .

$$C_1 = C_{S1} + C_{L1} + C_{G1}, \quad C_2 = C_{S2} + C_{L2} + C_{G2} \quad (1)$$

Эти шары находятся на расстоянии  $d$  друг от друга и между ними существует электрическое

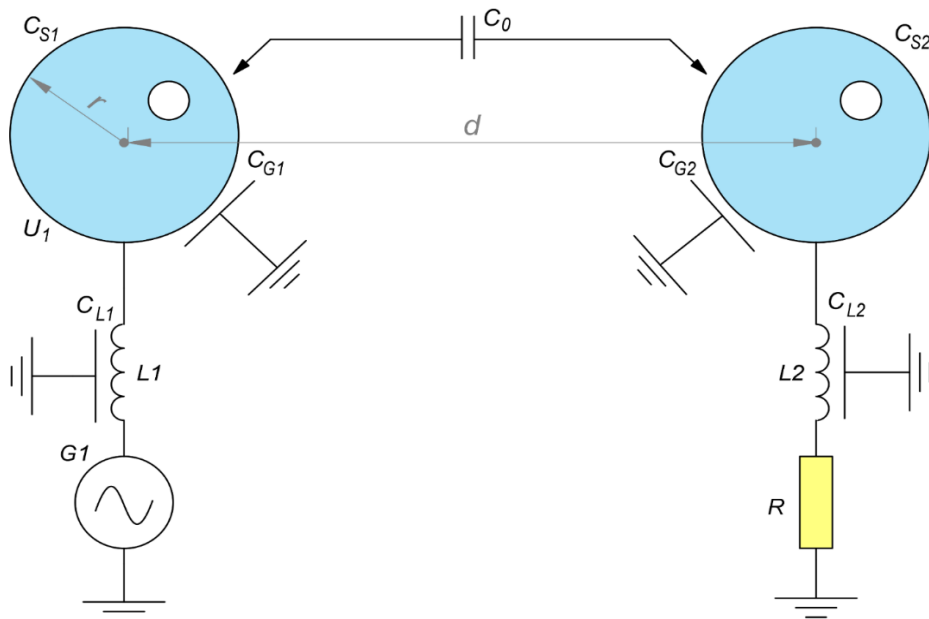


Рисунок 3 - Второй способ передачи электрической мощности через ионосферный слой

взаимодействие, образованное ёмкостью связи  $C_0$ . Расстояние между шарами достаточно велико, соответственно, их обобщённая ёмкость много больше ёмкости связи:

$$C_1 \gg C_0, C_2 \gg C_0 \quad (2)$$

2. Допускаю, что контуры  $L_1C_1$  и  $L_2C_2$  находятся в резонансе при передаче энергии. Ведь мы знаем, что трансформатор Тесла именно так и настраивается. Математически это означает равенство реактивных сопротивлений индуктивности и ёмкости при известной частоте:

$$i\omega L_1 - \frac{i}{\omega \cdot C_1} = i\omega L_2 - \frac{i}{\omega \cdot C_2} = 0 \quad (3)$$

где:  $\omega=2\pi f$ - круговая частота;  $f$ - частота задающего генератора  $G_1$ .

3. В разрабатываемой модели отсутствует внутреннее сопротивление генератора  $G_1$  и потери на раскату передающего трансформатора  $L_1$ , т.к. они неизвестны. Но при подсчёте КПД всей установки, они могут быть введены в любой момент. Сама раскату  $L_1$  также не рассматривается, т.к. её варианты могут быть любыми, но вместо этого генератор подсоединяется последовательно в цепь с этим трансформатором, схемотехнически представляя наиболее общий подход к этой проблеме.

4. То же можно сказать и о приёмной катушке  $L_2$ : нагрузка  $R$  включается последовательно с ней, а в случае трансформирования напряжения — просто пересчитывается пропорционально отношению витков первичной и вторичной обмоток.

Тогда схема, эквивалентная нашей модели будет выглядеть, как, представляющая собой классические связанные контуры, показана на рисунке 4. Особенность таких контуров [3] является полностью реактивная нагрузка на генератор  $G_1$  при отключённой активной нагрузке  $R$ . Таким образом, передатчик может расходовать минимум энергии (на потери) при выключенном приёмнике, и начинать расходовать энергию только при его подключении. Это ключевое отличие от классических передатчиков с поперечной волной, где антенна является активной нагрузкой для генератора и расходует активную мощность независимо от числа подключённых приёмников.

Можно было бы начать расчёт с нуля, и расписать все токи и напряжения, а уже потом вывести из полученной системы уравнений необходимые нам значения, но лучше мы воспользуемся готовым решением из работы и сразу выпишем токи в цепи, по упрощенной схеме:

$$I_1 = \frac{Z_2 U_G}{Z_1 Z_2 - Z_0^2}, \quad I_2 = \frac{Z_0 U_G}{Z_1 Z_2 - Z_0^2} \quad (4)$$

здесь:  $Z_1, Z_2, Z_0$ - комплексные сопротивления в цепи;  $U_G$  - напряжение генератора  $G_1$ .

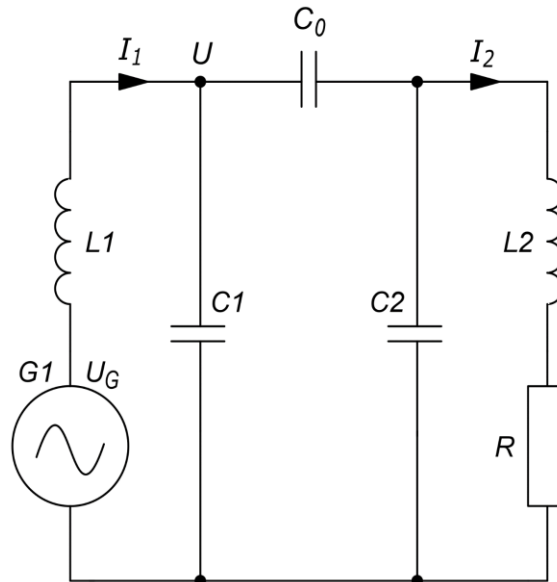


Рисунок 4 - Упрощенная схема, эквивалентная нашей модели для расчёта передающей башни

Сначала запишем все комплексные сопротивления в наиболее точном виде, а затем — упростим эти выражения согласно нашим предположениям:

$$Z_1 = i\omega L_1 - \frac{i}{\omega \cdot C_1}, \quad C_I = C_1 + \frac{C_0 C_2}{C_0 + C_2} \quad (5)$$

$$Z_2 = R + i\omega L_2 - \frac{i}{\omega \cdot C_{II}}, \quad C_{II} = C_2 + \frac{C_0 C_1}{C_0 + C_1} \quad (6)$$

$$Z_0 = - \frac{i}{\omega(C_1 + C_2 + \frac{C_1 C_2}{C_0})} \quad (7)$$

Теперь вспомним наши предположения и упростим эти формулы. Следуя неравенству (2) и допуску (3), получим:

$$Z_1 \approx \frac{iC_0}{\omega C_1^2} \quad (8)$$

$$Z_2 \approx R + \frac{iC_0}{\omega C_2^2} \quad (9)$$

$$Z_0 \approx - \frac{iC_0}{\omega C_1 C_2} \quad (10)$$

Отсюда мы можем найти токи в цепи:

$$I_1 \approx \frac{U_G}{R} \left[ \frac{C_1^2}{C_2^2} - \frac{i\omega C_1^2 R}{C_0} \right] \quad (11)$$

$$I_2 \approx \frac{U_G C_1}{R C_2} \quad (12)$$

Взяв только действительную часть от первого тока (11), найдём активную мощность, затрачиваемую генератором на весь процесс:

$$P_G = I_{R1} U_G = \frac{U_G^2 C_1^2}{R C_2^2} \quad (13)$$

И сравним её с активной мощностью, отдаваемую схемой в нагрузку R:

$$P_G = I_2^2 R = \frac{U_G^2 C_1^2}{R C_2^2} \quad (14)$$

Как мы видим - эти мощности равны, а значит, соблюдается принцип, озвученный ранее: **активная мощность генератора расходуется только, если включена активная нагрузка** (без учёта потерь, разумеется).

Теперь мы подходим к самому интересному - расчёту реальных систем передачи энергии. Но для этого нам нужно отталкиваться не от напряжения генератора - оно нам неизвестно и может быть, в принципе, любым, в зависимости от схмотехники возбуждающего каскада. Зато, из начальных условий, нам известно напряжение  $U$ , представляющее собой потенциал на излучающем уединённом конденсаторе трансформатора Теслы. Давайте найдём его математически:

$$U = U_G + I_1 i \omega L_1 \quad (15)$$

Делая известные преобразования, найдём отношение напряжений:

$$\frac{|U|}{U_G} = \frac{C_1}{C_0} \sqrt{1 + \left( \frac{C_0}{\omega C_2^2 R} \right)^2} \quad (16)$$

Причём  $U$  берётся здесь по модулю, т.е. ищется действующее значение напряжения. Мы уже знаем, что активная мощность, без учёта потерь, полностью передаётся от генератора к нагрузке. Осталось найти мощность в нагрузке с учётом полученного в (16) напряжения:

$$P_R = \frac{|U|^2 C_0^2}{R C_2^2} \frac{g^2}{1 + g^2}, \quad g = \frac{\omega C_2^2 R}{C_0} \quad (17)$$

Формула получилась полезная, но её можно оптимизировать ещё больше, если найти оптимальное значение нагрузки  $R$ . В радиотехнике это называется согласованием нагрузки. Итак, оптимум находится из известного математического приёма приравнивания нулю производной по  $R$ :

$$R^* = \frac{C_0}{\omega C_2^2} \quad (18)$$

Теперь хорошо видно, что оптимальная величина нагрузки  $R$  зависит от ёмкости связи, а значит — от расстояния между приёмником и передатчиком. Мощность в нагрузке, при оптимальном (согласованном) её значении, будет находиться так:

$$P_R^* = \frac{\omega C_0 |U|^2}{2} \quad (19)$$

Выражение для нахождения ёмкости связи  $C_0$ :

$$C_0 \approx \frac{\pi r^3 \epsilon_0}{d^2} \quad (20)$$

И последнее, что остаётся сделать подставить в формулу (19) формулу (20).

$$P_R^* = \frac{\omega \pi r^3 \epsilon_0}{2 d^2} |U|^2 \quad (21)$$

здесь:  $r$  - радиус шара,  $d$  - расстояние между передающим и принимающим шаром,  $\epsilon_0$  - абсолютная диэлектрическая постоянная.

Теперь мы можем приступить к расчёту известной работающей установки Н. Теслы (башни Уорденклиф).

Мы считаем, что нагрузка в приёмнике максимально согласована со схемой. Тогда для расчёта можно взять формулу (20). Нам известно, что радиус шара на этой башне был 10,5 метров, частота задающего генератора - 150 кГц, а расстояние между передатчиком и приёмником - 42000 метров. При этом Тесла зажигал лампочки накаливания общей мощностью 10 кВт. Единственное, что точно не известно - напряжение на передающем шаре; из различных источников даются цифры: от 12 до 100 миллионов вольт. Последнее значение получается, если учесть стриммеры (видимые молнии),

исходящие от башни, длина которых доходила до 40 метров. Но для расчёта назначу среднее значение - 35 МВ. Подставив эти данные в формулу (20), мы получим значение мощности на нагрузке – 10,1 кВт, что вполне соответствует заявленной Н. Тесла! Конечно же, здесь не учитываются потери, однако не учитывается и ионосферный эффект, который хоть и частично, но вполне мог усиливать передачу сигнала.

Ныне имеются 3 способа беспроводной передачи энергии: 1) катушечный (беспроводные зарядки смартфонов), при котором излучение передающей катушки зарядного устройства создаёт ток в принимающей катушке радиотелефона (ноутбука) на расстоянии нескольких сантиметров между катушками (КПД около 65%); 2) микроволновый; 3) лазерный.

Передать высокие энергии на большие расстояния позволяют лазеры. Однако молекулы газов атмосфера планеты Земля очень быстро рассеивают поток энергии лазерного излучения. В условиях земной атмосферы подсветка лазером коптера (беспилотного летательного аппарата) аэрофотосъёмки, который обязан находиться в воздухе до 12 часов позволяет подзарядить его солнечную батарею без посадки на земную поверхность. Из-за малого КПД (около 50%) это неэкономично, но порой необходимо. К недостаткам технологии относится необходимость постоянного «соприкосновения» лазерного луча и приемника на дроне. В местности, где находятся высокие объекты, например, деревья или дома, заслоняющие путь луча, лазер желательно расположить над ними. Вторая проблема состоит в том, что дождь, снег и сильный туман приводят к рассеиванию и ослаблению луча, и в худшем случае до приемника излучение может не дойти. При сильной турбулентности, то есть наличии вихревых потоков ветра, эффективность зарядки также снижается.

Только в безвоздушном пространстве лазерные передатчики энергии эффективны. Поэтому вышеописанной технологией занимается НАСА (Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства **NASA** (англ.) - агентство правительства США, находящееся в подчинении непосредственно президента США). В 2009 году они даже устроили соревнование по передаче энергии лазером. Первое место и приз 900 тысяч \$ получила компания «Laser Motive», организовавшая передачу импульса мощностью 500 ватт на расстояние одного километра с КПД 10%.

Ещё до изобретения лазеров человечество использовало микроволны (длиной 12 см) с частотой  $\nu = 2,45$  ГГц, открывающие так называемое «окно прозрачности атмосферы». Даже при самой ужасной погоде (снег, огненный торнадо и др.) микроволны такой частоты как бы не видят нашу атмосферу позволяют передавать поток энергии с КПД около 95 процентов. Как преобразовать электрический ток в микроволны (СВЧ диапазона), а затем волны преобразовать в электрический ток? Решение первой части задачи находится на каждой кухне. Печь СВЧ на самом деле является магнетроном – генератором микроволнового излучения. Микроволны нагревают посуду в бытовых печах СВЧ с КПД излучения более 90%.

Для обратного преобразования излучения в электрический ток имеется два способа. Наиболее распространён т.н. «американский». В начале 60-ых годов доктор **Уильям Браун** изобрёл ректенну - антенну, которая преобразовывала принимаемое излучение обратно в электрический ток. Каждая **ректенна** собрана из тысяч соединённых полупроводниковых детекторов (диодов). Каждый проводник имеет КПД около 95% при передаче потока энергии постоянной мощностью несколько Вт. В 1975 году Браун организовал передачу потока энергии мощностью 30 кВт на расстояние 1,6 км с КПД 82%. Этот эксперимент самый результативный за всю историю энергопередачи излучением. Недостатком ректеннового способа передачи энергии являются огромная панель ректенны. Панель создаёт переизлучение, значительно отодвигающее от ректенны границу зоны, безопасной для человека. Даже при незначительной перегрузке единственного полупроводникового элемента, происходит его выгорание и лавинное выгорание всей ректенны.

В 70-ых годах в лаборатории беспроводной передачи энергии физического факультета МГУ Владимир Леонидович Саввин под руководством профессора **Владимира Ванке** (1940—2009) разработал **циклотронный преобразователь энергии**, основанный на технологии электронных ламп. Циклотрон – вакуумная труба диаметром около 15 см и длиной около 40 см. В отличие от миниатюрного полупроводникового детектора циклотрон работает с мощностями в тысячу раз большими (несколько кВт); переносит перегрузки (около 30%); не создаёт переизлучения; стоит дешевле равноценной ректенны примерно в 10 раз. Советский безотказный способ передачи энергии имеет меньший КПД (около 75%).

Микроволновый способ позволяет передавать энергию из космоса на Землю (и наоборот). В 1968 году американский физик **Питер Глейзер** (1923- 2014) предложил вывести спутник на геостационарную орбиту Земли (высотой 136 тысяч км от Земли). В космосе спутник раскрывал огромные солнечные панели, собирал энергию излучения Солнца в виде тока солнечных батарей, преобразовывал электрический ток в СВЧ-волны и предавал волны на огромные ректенны земного потребителя. При передающей тарелке спутника диаметром 1 км нужна принимающая тарелка на Земле диаметром 5 км. По расчётам космическая солнечная электростанция вырабатывал бы 5 МВт. После передачи на Землю оставалось бы 2 МВт. Установленная мощность Красноярской ГЭС (имени 50-летия СССР) на реке Енисее 6 МВт. Сметная стоимость строительства ГЭС в ценах 1961 г. 755 млн. руб (1,3 млрд. \$). Стоимость спутниковой системы Глейзера в ценах 1970 г. около триллиона \$. Однако космические технологии дешевле и к 2010 году стоимость космической солнечной электростанции оценивали - в

25 млрд. \$. Сейчас разработку проектов **космической электростанции** ведут США, Япония и Китай. Только во второй половине XXI века возможно попытка осуществления проекта космической электростанции.

В передаче информации ныне лидируют беспроводные технологии (Bluetooth и WiFi) и сотовая связь, но идеи Теслы о Всемирной беспроводной электросети ныне неосуществимы. Первая двухпроводная линия электропередачи мощностью 220 кВт между германскими городами Лауфен и Франфуркт была построена в 1891 году. С тех пор сотни миллионов тонн цветных металлов подвешены не столбах (зарыты в землю) для обеспечения электропередачи. В середине XX века изредка применялась 2-проводная передача электроэнергии с использованием земли в качестве второго провода.

В 1990 году, в лаборатории Московского энергетического института инженер **Станислав Авраменко** воспроизвёл на современном оборудовании опыт однопроводного питания лампы накаливания Николы Теслы. Источником энергии был модифицированный трансформатор Теслы, к одной из клемм которого подключалась линия длиной около трех метров (опыт был лабораторный). Линия представляла собой тончайшую вольфрамовую проволоку диаметром 15 микрон с громадным сопротивлением. По ней удалось передать мощность в 1,3 кВт для гирлянды электрических лампочек, а провод при этом оставался холодным, словно он приобрел свойства сверхпроводника. К 1991 году Авраменко увеличил длину линии передачи электроэнергии по одному проводу до 160 метров.

В вилке Авраменко циркулирует постоянный по направлению и пульсирующий по величине ток. Энергию перемещают по незамкнутой цепи (по одному проводу). Энергия течёт не внутри провода, как бы вдоль него. Поле перемещается вдоль провода как по волноводу. Теория электричества утверждает, что токи смещения закону Джоуля – Ленца не подчиняются (отсутствует нагрев, пропорциональный величине проходящего тока). Провод служит лишь для указания направления передачи энергии, не нагревается. Потерь при однопроводной передаче энергии нет.

В системе Авраменко, показанной на рисунке 5, ток проводимости из сети выпрямляется, преобразуется в реактивный ток требуемой частоты, который далее передаётся по одному проводнику на любое расстояние, а там вновь преобразуется в обычный ток проводимости для питания электроприборов.

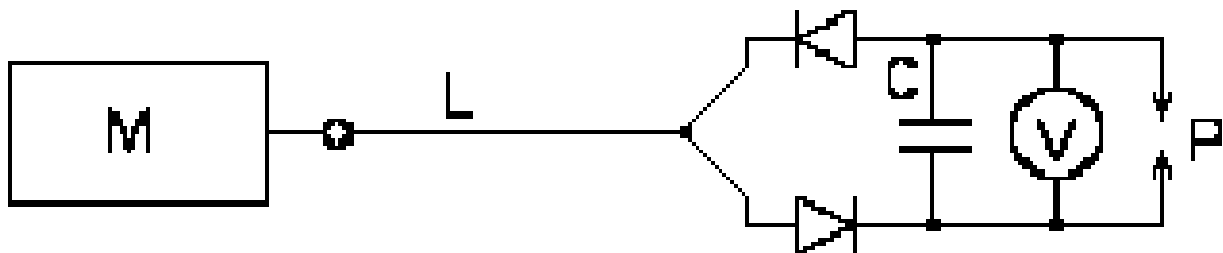


Рисунок 5 - Упрощенная схема однопроводной передачи энергии инженера С. Авраменко

Основу устройства для однопроводной передачи энергии составляет "вилка Авраменко", которая представляет собой два последовательно включенных полупроводниковых диода. Если вилку присоединить к проводу, находящемуся под переменным напряжением, то через некоторое время в разряднике Р наблюдается серия искр. Временной интервал от подключения до появления разряда зависит от величины емкости С, величины напряжения, частоты пульсации и размера зазора Р. Включение в линию передачи L резистора номиналом 2-5 Мом (сопротивление источника тока) не вызывает существенных изменений в работе схемы.

Поле вокруг линии питания Авраменко имеет высокую интенсивность даже на расстоянии 200 метров от провода. Однако длинный (десять километров) провод высокочастотного тока будет как антенна излучать помехи имеются и другие причины, препятствующие однопроводной передаче энергии на большие (сотни км) расстояния.

Однопроводная ЛЭП имеет преимущества: 1) Сохранность линии от воровства. Содержание меди (алюминия) в проводах может быть уменьшено в 10 раз; провода можно изготовить из дешёвого сплава; 2) Потери энергии очень малы (10-15 % потерь 2-проводной передачи);

В этой работе был рассмотрен способ Николы Теслы по беспроводной передаче электрической энергии с помощью продольных волн. Была определена мощность, которую можно передавать токами смещения, образующимися в любом конденсаторе (в показаной модели - в ёмкости связи между приёмником и передатчиком). Вероятно, токи смещения, в свою очередь, переносятся продольными волнами. Однако сам волновой процесс нами не был рассмотрен, т.к. это значительно усложнило бы повествование, а расчёт мощности от этого сильно бы не изменился. Приведенные формулы из этой работы можно применять для предварительного расчёта систем передачи электрической энергии продольными волнами, через атмосферу планеты.

При аварийной ситуации в населённых пунктах, вызванной массовым повреждением наружных



ЛЭП эффективен переход на однопроводное питание по способу Николы Теслы для автономного энергообеспечения внутри малых населённых пунктов. Электроэнергию можно передавать по любым токопроводящим в незначительной степени сетям (по трубопроводам, по оптоволоконным линиям). По оптоволокну будет передаваться информация, а ток будет передаваться по металлической оплётке кабеля.

**Список использованных источников:**

1. Эткин В.А. «Таинственный мир Николы Тесла». М.: ФИЗМАТЛИТ, 2015. - 366 с.
2. Горчилин В. «Передача электрической энергии трансформатором Тесла». Научно-исследовательский сайт Вячеслава Горчилина – Режим доступа: <https://gorchilin.com/>. 2022-02.20.
3. Котельников В.А., Николаев А.М. Собрание трудов. В 5 т. Том 4: «Основы радиотехники». Часть 1, Гл.9. Связанные контуры. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2015. 368 с.

## **WIRELESS TRANSMISSION OF ELECTRICAL ENERGY THROUGH THE ATMOSPHERE OF PLANET EARTH BY NIKOLA TESLA'S METHOD AND MODERN METHODS**

*Zhukovsky P.N., student gr.348804*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics  
Minsk, Republic of Belarus*

*Andrianova E.V. – Assistant at the Department of Physics*

**Annotation.** The method of wireless energy transfer, invented by Nikola Tesla, is considered, with an explanation of the supposed nature of the phenomenon using accessible mathematical apparatus. The methods of wireless energy transfer used by mankind and the possibility of creating a space solar power station are described. It is proposed to use single-wire power supply for autonomous power supply inside small settlements in case of an emergency caused by damage to external power lines.

**Keywords.** Transmitting transformer, energy transfer, receiving capacitor, ionosphere, coupling capacitance, master oscillator, wave processes, toroid, principles of high voltage formation, load matching, laser radiation energy flow, rectenna, reemission, cyclotron energy converter, bias currents, reactive current.