МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ ИМЕНИ ГУМАРБЕКА ДАУКЕЕВА

Кафедра____Телекоммуникационных сетей и систем

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой
Темырканова Э.К.__докторPHD_____
(Ф.И.О., ученая степень, звание)
_____ «_____»_____**2020г.**
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: ____Перспективы беспроводной передачи электроэнергии.
Специальность5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации_____
Выполнил (а) ___Амангалин Б.Э.. __РЭТ-16-5 _____
(Фамилия и инициалы) группа
Научный руководитель_____Артюхин В.В., доцент_____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «_____»_____20___г.
(подпись)

Консультанты:

по технической части:____доцент Артюхин В.В._____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «_____»_____20___г.
(подпись)

по экономической части:
_к.э.н. профессор, доктор Ибришев Н.Н._____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «_____»_____20___г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:
доцент Бекбасаров Ш. Ш _____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «_____»_____20___г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:
____доцент Артюхин В.В _____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «_____»_____20___г.
(подпись)

Нормоконтролер:_____доцент MOS Гармашова Ю.М_____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «_____»_____20___г.
(подпись)

Рецензент:_____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «_____»_____20___г.
(подпись)

Алматы 2020 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ ИМЕНИ ГУМАРБЕКА ДАУКЕЕВА

Институт космической инженерии и телекоммуникаций (ИКИТК)
Специальность Радиотехника, электроника и телекоммуникаций
Кафедра Телекоммуникационных сетей и систем

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломного проекта

Студент _____Амангалин Б.Э.._____
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта: Перспективы беспроводной передачи электроэнергии.
_____
_____

утверждена приказом ректора № 147 от «11 » ноября 2019 г.
Срок сдачи законченной работы «25»____мая_____ 2020 г.
Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта:

Создание беспроводного зарядного устройства мощностью более 50W.
Вычисление параметров и элементов катушки.
Симуляция электромагнитных волн в программе Maxwell 3d simulation.
Описание и основные параметры схемы.

Перечень подлежащих разработке дипломного проекта вопросов или краткое содержание дипломного проекта:
1 Аналитическое исследование проблем и пути их решения
1.1 История развития беспроводной энергии
1.2 Классификации беспроводной передачи электроэнергии
1.3 Метод электромагнитной индукции.
1.4 Стандарты
2 Анализ рынка беспроводных технологий
3 Создание беспроводного устройства мощностью более 50W
3.1 Практическое применение и внедрение технологии беспроводной передачи энергии
4 Безопасность жизнедеятельности_____
5 Технико-экономическое обоснование_____

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Цели и задачи дипломного проекта
2. Актуальностьдипломного проекта
3. Методы беспроводной передачи электроэнергии
4. Эффективность магнитно-резонансной передачи энергии
5. Моделирование магнитных полей в программе Comsol Multiphisics
6. Применение беспроводной передачи энергии
7. Безопасность жизнедеятельности
8. Технико-экономическое обоснование
9. Заключение

Рекомендуемая основная литература

1 Зевеке Г.В. Основы теории цепей: Учебник для вузов.
2 Введение в Comsol Multiphysics
3 Тамм И.Е. Основы теории электричества. –М.: Физматлит, 2003
4 Способ дистанционного энергопитания электронного носителя информации и устройство для его реализации
5 Беспроводная зарядка для телефона своими руками

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Сец часть	Артюхин В.В.	25.05.2020	Артюхин В.В
Экономика	Ибришев Н.Н	25.05.2020	Ибришев
БЖД	Бекбасаров Ш. Ш	25.05.2020	Бекбасаров
Выч. Техника	Артюхин В.В.	25.05.2020	Артюхин В.В
Нормоконтроль	Гармашова Ю.М.	12.06-14.06.20	Гармашова

Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	Аналитическое исследование проблем и пути их решения	13.01.-15.02.2020	
2	Вычисление параметров и элементов катушки	25.01.-30.01.20	
3	Симуляция электромагнитных волн в программе Maxwell 3d simulation	2.02-20.02.2020	
4	Структура технической разработки	22.02-01.03.2020	
5	Проектирование	02.3.20-01.04.20	
6	Описание и основные параметры схемы	2.4.20-20.04.20	
7	Безопасность жизнедеятельности	10.04.20-25.05.20	
8	Технико-экономическое обоснование	1.04.20-25.05-20	

Дата выдачи задания «09»____октября_____2019 г.

Заведующий кафедрой_____Темырканова Э.К_____
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель _____ ___Артюхин В.В._____
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял
к исполнению
студент _____ ____Амангалин Б.Э._____
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Аңдатпа

Бүгінгі таңда әлемді электр желісіз елестету мүмкін емес, ол негізінен сымдар арқылы жүзеге асырылады. Берілудің бұл түрінің бірнеше кемшіліктері бар. Мысалы, беру кезіндегі электр энергиясының жоғалуы, қолайсыздық және пайдалану қауіпсіздігі. Осы дипломдық жобада біз электр энергиясын сымсыз беру әдістерін, болашақта оларды қолдануды қарастырамыз, сондай-ақ олардың ең перспективалы және мүмкін болатынын таңдаймыз.

Аннотация

Сегодня, невозможно представить наш мир без электроэнергии, которая в основном передается через провода. Такой вид передачи имеет ряд недостатков. Например, потеря электроэнергии во время передачи, неудобство и небезопасность использования. В данном дипломном проекте будут рассмотрены методы беспроводной передачи электроэнергии, их применение в будущем а также отобраны наиболее перспективные и осуществимые из них.

Abstract

Today, it is nearly impossible to imagine our world without electric power, generally which is transferred through cables. This kind of transmission has some variety of disadvantages, such as power loss while transmission, inconvenience and dangerous of use. This diploma project will consider methods of wireless transmission of electricity, their application in the future, as well as select the most promising and feasible of them.

Содержание

Введение 8
1 Аналитическое исследование проблем и пути их решения 9
1.1 История развития беспроводной энергии 9
1.2 Классификации беспроводной передачи электроэнергии 9
1.3 Метод электромагнитной индукции 10
1.4 Стандарты 18
1.5 Электро статическая индукция 19
1.6 Микро во лно во е излучение 20
1.7 Лазерный мето д 21
1.8 Ультразвуко во й мето д 22
2 Анализ рынка беспро во дных техно ло гий 23
3 Вывод 24
4 Создание зарядного устройства мощностью более 50W 24
4.1 Параметры катушек 28
4.2 Вычисление параметро в и элементо в катушки. 31
4.3 Симуляция электро магнитных во лн в про грамме Maxwell 3d simulatio 33
4.4 Структура технической разработки 35
4.5 Описание и о сно вные параметры схемы 36
4.6 Особенности и недо статки 36
4.7 Проектирование 37
4.8 Принцип рабо ты схемы 39
4.9 Практическое применение и внедрение технологии беспроводной передачи энергии. 40
5 Безопасность жизнедеятельности 43
5.1 Расчет тепловых нагрузкок в помещении внутренние и наружные 55
5.2 Система пожаротушения 49
5.3 Расчет автоматического пожаротушения 50
5.4 Расчет путей эвакуации 53
5.5 Расчет допустимой продолжительности эвакуации при пожаре. 59
5.6 Расчет времени эвакуации 54
5.7 Вывод 55
6 Экономическое обоснование дипломного проекта 45
6.1 Подсчет расходов 55
6.2 Расчет годового фонда оплаты труда 50
6.3 Затраты на электроэнергию 54
6.4 Прочие расходы 58
6.5 Оценка экономической эффективности инвестиций 59
6.6 Заключение по экономической части 60
Заключение 62
Список литературы 64

Приложение А Списо к принятых со кращений.....66
Приложение Б.....67
Приложение В.....69
Приложение Г Справка антиплагиата
Приложение Д Электронная версия ДП и демонстрационные материалы (CD-R)……...
Приложение Е Раздаточные материалы (формат А4- 15 листов)……...

Введение

Беспроводная передача энергии - это способ передачи электроэнергии через воздушное пространство из одной точки в другую на короткой или длинной дистанции без использования каких-либо проводов. В настоящее время беспроводная передача энергии является очень актуальной задачей. Хотя данная технология была известна больше века назад, только сейчас она переживает сильное развитие. В основном сейчас беспроводным образом передают энергии только на короткие дистанции. Крупные производители техники сейчас используют способ индуктивной зарядки своих устройств, таких как смартфоны, ноутбуки, наушники, часы и т.д. Достаточно лишь наличие индукционных катушек. Перспектив развития дальней передачи электроэнергии не меньше.

В этой дипломной работе будут изучены типы беспроводной передачи энергии, таких как электромагнитная индукция, магнитно-резонансная индукция, микроволновое излучение и лазеры. Будет дан короткий обзор на каждый из них и в конце теоретической части будет выбран наиболее подходящий под такие требования как перспективность, реализуемость, экономическая обоснованность и безопасность для живых организмов и окружающей среды.

Целью данной работы является разработка топологии ПСС для беспроводной связи передача электроэнергии мощностью до 50 Вт, что касается расстояния и эффективности передачи. Анализ токов основной цепи для беспроводной сети система переноса, должна помочь успешной реализации о самой задаче. Выбор оптимального дизайна для достижения цели заданные параметры, имитационное моделирование проектируемых система и ее структура основаны на этом анализе. То статья состоит из нескольких частей. Первая посвящена ему к анализу и текущему состоянию системных решений для беспроводной передачи электроэнергии. Второй часть статьи посвящена описанию конструкции основной схемы для беспроводной передачи данных. Далее в статье приводится имитационная модель, которая является основано на более раннем предложении и описывает поведение предложенной системы.

1 Аналитическое исследование проблем и пути их решения

1.1 История развития беспроводной энергии

Беспроводная передача энергии -это не новый концепт. Эта технология имеет богатую историю и нереализованный потенциал как в академических кругах, так на коммерческом рынке. Сначала 20 века ученые были в поисках эффективного способа передачи энергии через воздушное пространство без использования проводов и кабелей. И первооткрывателем в этой сфере стал сербский ученый Никола Тесла. Его основная идея заключалась в том, чтобы использовать нашу планету в качестве проводника для передачи энергии на Землю. В результате он провел успешные эксперименты в Колорадо, где он установил резонансный трансформатор, установленный на мачте 200-футовой мачте с медным шаром сверху [2]. С частотой 150 КГц и мощностью на входе 300KW он мог собирать заряд с расстояния около 50 км, хотя не сохранилось каких-либо деталей о том сколько энергии он мог принять.

Также он продемонстрировал беспроводную передачу энергии на расстоянии 25 миль питая люминесцентные лампы, но т.к. то в время постройка электрогенераторов Тесла стоила намного дороже чем прокладка медных проводов на 25 миль и его эксперименты были признаны небезопасными и трудно выполнимыми из-за отсутствия развитой технологии радиочастот, он лишился финансирования и его проект вскоре закрыли.

Браун (2011) утверждает, что отсутствие технологий, в частности микроволновой энергии, привело к непрерывной паузе в развитии беспроводной энергии вплоть до Второй мировой войны, когда появились первые радары. Следовательно, они способствовали развитию исследований в области передачи СВЧ на дальней дистанции. Так в 1963 году показал миру первую микроволновую беспроводную систему передачи энергии. [3] Далее в 1964 был представлен вертолет, главной концепцией которого была непрерывная беспроводная зарядка мощностью 400 ватт, который доставлял на борт около 100 ватт.

Следующим этапом на пути развитию WPT (Wireless Power Transmission) стала разработка технологии RFID в 1973, году где метки приводились в действие с помощью индукционной муфты. Прошло три десятилетия прежде чем исследовательская группа WiTricity представила реальную беспроводную передачу электроэнергии в 2007 году с лампочкой мощностью 60 Вт которая включалась на расстоянии двух метров. По-видимому, это было отправной точкой для быстро растущей и конкурентоспособной отрасли беспроводной передачи энергии.

1.2 Классификации беспроводной передачи электроэнергии

Согласно принципам передачи, беспроводная передача электроэнергии делится на 4 основных типа, как показано на рисунке 1.1.

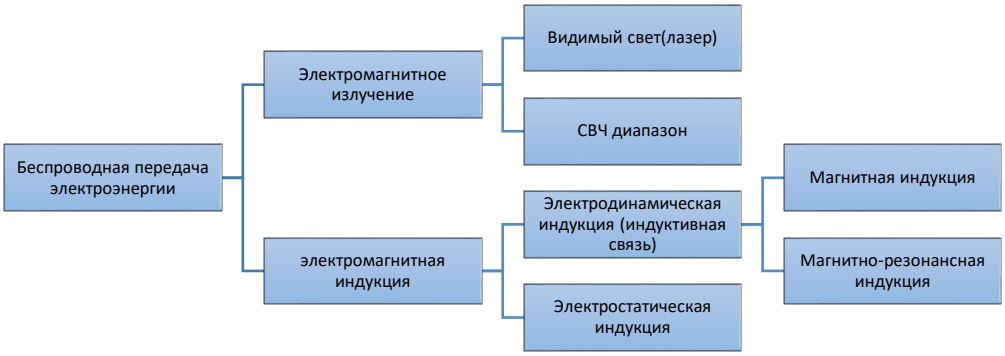


Рисунок 1.1 - Методы беспроводной передачи энергии

Беспроводная передача — электроэнергии- это собирательный термин, который относится к числу нескольких способов для передачи энергии с помощью электромагнитных полей. Такие способы в основном характеризуются типом электромагнитной энергии и расстоянием, на которое они могут эффективно передавать.

Каждый электромагнитный источник создает вокруг себя два поля: электрическое(E) и магнитное(H), которые характеризуются радиационной и нерадиационной составляющими. В зависимости от расстояния от источника существуют ближнее и дальние области поля, которые определяются тем, как они взаимодействуют с окружающими средой. Малая часть переходной области имеет как характеристики ближнего, так и дальнего поля.

В случае, когда расстояние до источника меньше чем $\lambda/2\pi$ является областью ближнего поля. Ближнее поле имеет более сложное определение в отношении между E и H, более того в нем присутствуют все 4 типа поляризации (горизонтальная, вертикальная, круговая и эллиптическая. В то время как в дальнем поле всего один. Поразительным моментом является то, что ближнее поле является лучшей средой для электромагнитной индукции, чем дальнее поле, где электрические и магнитные поля уменьшаются пропорционально расстоянию.

Как показано на рисунке 1.2, ближнее электромагнитное поле позволяет увеличить эффективность передачи электроэнергии и дифракцию волны, которая в результате приведет к более сильной проницаемости волны слабой направленности на короткой дистанции.

Более того, передача электроэнергии на близкие расстояния делится на индуктивную(магнитную) связь и емкостную (электростатическую) связь.

1.3 Метод электромагнитной индукции

Явление электромагнитной индукции стало именно тем решением, которое получило наиболее широкое распространение в беспроводные передачи электроэнергии. При беспроводной передачи электроэнергии методом электромагнитно индукции используется ближнее магнитное поле на дистанции примерно одно шестой длины волны[5], в противном случае вся

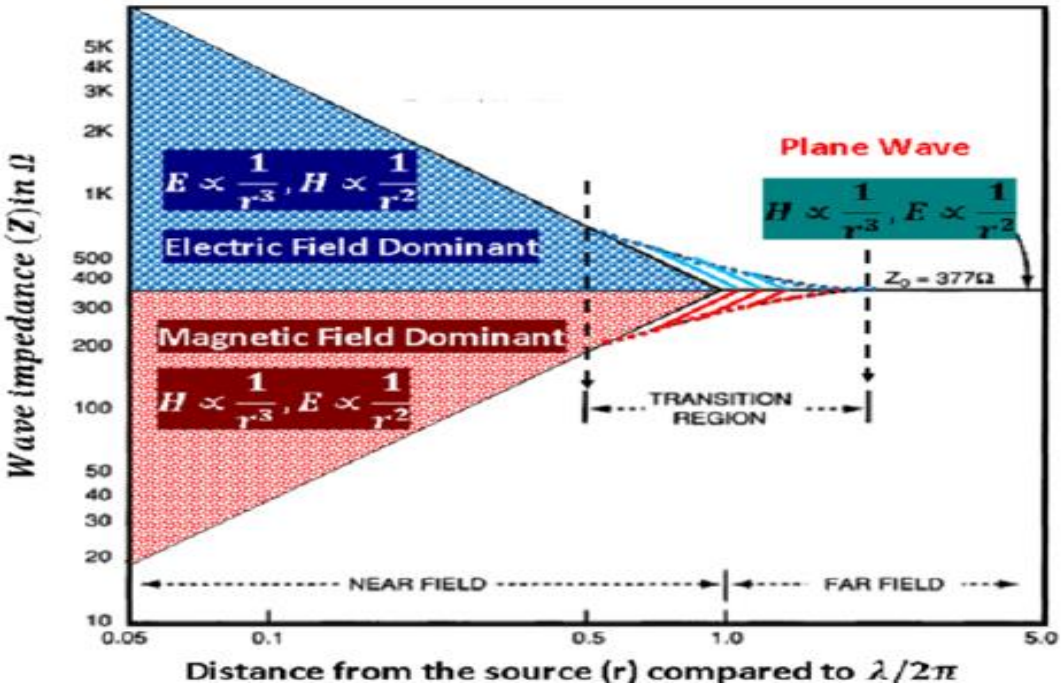


Рисунок 1.2 - График отношения дистанции к сопротивлению.

энергия будет тратиться в пустую. Хотя энергия ближнего поля не является излучающей, радиационные потери в ней все же происходят. Также присутствует резистивные потери. Из-за метода электродинамической индукции, переменный электрический ток, проходящий через первичную обмотку, создаёт переменное магнитное поле, которое в свою очередь действует на вторичную обмотку, провоцируя в ней электрический ток. Для того чтобы достичь высокую эффективность взаимодействие должно проходить на коротком расстоянии. Если увеличить расстояние вторичной обмотки от первичной, большая часть магнитного поля не достигнет вторичную обмотку. Даже на относительно небольших расстояниях индуктивная связь становится крайне неэффективной, тратя значительную часть передаваемой энергии понапрасну.

Электромагнитная индукция- это явление возникновения электрического тока в замкнутом контуре при изменении магнитного потока, проходящего через него. В начале 19 века Ганс Христиан Эрстед продемонстрировал, что ток протекающий по цепи может вызвать отклонение магнитной стрелки. Значит, если электрический ток может вызвать отклонение в магнитном поле, то с магнетизмом должно быть связано появление тока. Далее, данное открытие было развито М. Фарадеем. После многих лет экспериментов и опытов он открыл явление электромагнитной индукции, выяснив что, в замкнутом проводящем контуре возникает электродвижущая сила, которая прямо пропорциональна скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную этим контуром. Формула вычисления ЭДС показана в формуле (1.1).

$$\oint_{\partial S} \vec{E} \cdot \vec{dl} = -\frac{\partial}{\partial t} \int_S \vec{B} \cdot \vec{ds} \quad . \tag{1.1}$$

Значение ЭДС (Электродвижущей силы) не имеет корреляции с тем, что является причиной изменения магнитного потока. Ток вызванный ЭДС называется индукционным током.

Согласно закону электромагнитной индукции Фарадея (в СИ)

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt} \quad , \tag{1.2}$$

$$\Phi_B = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} \quad . \tag{1.3}$$

где Фв - это магнитный поток, протекающий через поверхность, ограниченную контуром.

Отрицательный знак в формуле говорит о правиле Ленца, в нем говорится что, индукционный ток, создаваемый в проводящем контуре, имеет направление противоположное направлению магнитного поля, которым был вызван данный ток.

Если индукционная катушка находится в изменяющемся магнитном поле, закон Фарадея может быть выражен в другом виде.

$$\mathcal{E} = -N\frac{d\Phi_B}{dt} = -\frac{d\Psi}{dt} \quad . \tag{1.4}$$

где E- это электродвижущая сила;

N- это висло витков индукционной катушки;

$\Phi_в$- это магнитный потов проходящий через один виток.

В эквивалентной форме (интегральной) данная формула выглядит подобным образом

Тут E –напряженность электрического поля, а B- это магнитная индукция. S- Произвольная площадь.

∂S ее граница. В таком виде закон Фарадея входит в систему уравнений Максвелла для электромагнитного поля.

Как было сказано выше зона электромагнитной индукции равномерно переходит в зону излучения (т.е волновую) и между ними есть промежуточная зона. При частотах равных 10, 1 и 0.1 МГЦ дистанция области электромагнитной индукции будет составлять примерно 5, 50 и 500 метров.

Зоны электромагнитного поляпредставлены на рисунке 1.3.

Простейшим устройством для беспроводной передачи энергии является электрический трансформатор, в которой первичная и вторичная обмотки никак прямо не связаны. Беспроводная передача электроэнергии реализуется с

Рисунок 1.3 - Зоны электромагнитного поля

помощью такого процесса как взаимная индукция. Основной задачей трансформатора является изменение первичного напряжения. Бесконтактные зарядные устройства смартфонов или ноутбуков это примеры использования принципа электродинамической индукции. Такой метод также используется в индукционных плитах.

В таких системах беспроводной зарядки мобильных устройств используется принцип электромагнитной индукции для передачи электроэнергии от передатчика к приемнику. При котором создается электрический ток в контуре при изменении значения магнитного потока, проходящего через этот контур. [9] Такие организации как A4WP (Alliance for Wireless Power), PMA (Power Matter Alliance) и WPC (Wireless Power Consortium) предоставляют исчерпывающую информацию по поводу передачи энергии без проводов.

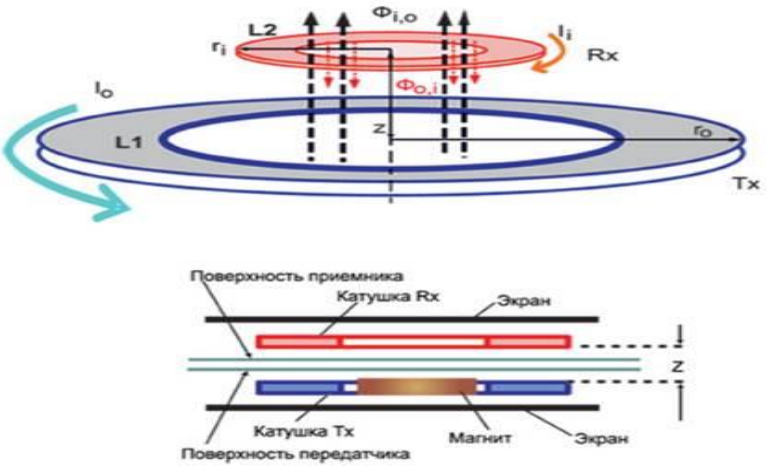


Рисунок 1.4 - Индукционная связь двух катушек

Как показано на рисунке 1.4 две катушки, первичная и вторичная образуют индукционную связь. В этой системе, ток проходит через обмотку первичной катушки и создает магнитное поле, которое индуцирует напряжение во вторичной катушке. И эта энергия может быть использована для подзаряди аккумуляторов и беспроводного питания устройств.

Самым значительным минусом данного метода является небольшая дальность его действия. [10] Приёмник должен как можно ближе передатчику для эффективного взаимодействия.

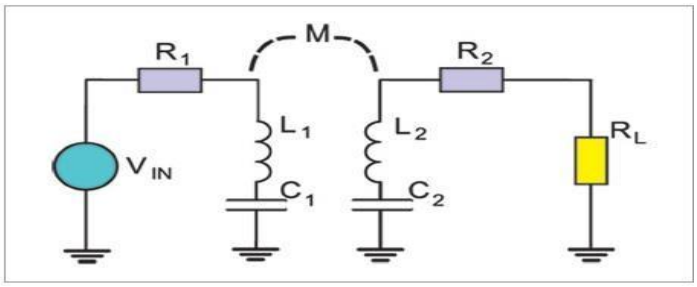


Рисунок 1.5 - Схема магнитно-связанных катушек

Взаимная индуктивность двух катушек обозначается символом [M] и определяется уравнение ниже.

$$M = k\sqrt{L1 \times L2}.$$

где k- это коэффициент связи между первичной и вторичной катушками, который зависит от многих параметров, таких как дистанция между катушками, формы катушек, соотношения их размеров и т.д.

Давайте взглянем на схему, изображенную на рисунке (1.6), и проанализируем эффективность системы на частоте резонанса. $\eta = P_L / P1$ (где, мощности P_L на нагрузке R_L, а P1 на резисторе R1), согласно формуле (1.5)

$$Rl = R2\sqrt{1 + \frac{w2 \times M}{R1 \times R2}}. \quad (1.5)$$

где ω2- это резонансная частота, M взаимная индуктивность, а R1 R2 это сопротивление.

Если значение сопротивления нагрузки будет оптимальным то, эффективность системы при резонансной частоте будет равна

$$n = \frac{\sqrt{1 + \mathrm{Q2}} - 1}{\sqrt{1 + Q2} + 1}, \quad (1.6)$$

$$Qm = \sqrt{Q1 \times Q2}. \quad (1.7)$$

В формуле (1.7) Q_m- это коэффициент качества, иначе говоря это добротность системы, которая равна где Q_1 и Q_2 это добротность резонирующих контуров приемной и передающей катушки. Ниже приведен график зависимости эффективности системы (η) от коэффициента качества (Q_m) на рисунке (1.6).

Рисунок 1.6 - График зависимости эффективности от добротности

Проанализировав данный график, можно прийти к выводу, что эффективность беспроводной индукционной передачи на резонансной частоте имеет вид постепенно возрастающую функцию, с асимптотой единица.

Потери энергии во время передачи зависят от коэффициента связи между индукционными катушками и их добротностью и для уменьшения этих потерь используют явление резонанса. Это может увеличить КПД системы и дальность передачи энергии. Повысить эффективность индуктивно связанных систем можно за счет увеличения добротности катушек и/или коэффициента связи. [11]

Другими словами, при данном методе индукции передатчик и приёмник настроены на одну частоту. В данном методе передача энергии протекает более эффективно, чем в методе электромагнитной индукции, потому что, передающая и принимающая катушка настроены на одинаковую частоту, следовательно, амплитуда электромагнитных волн возрастает.

Дополнительный метод увеличения производительности — это изменения формы волны управляющего тока от синусоидальных до несинусоидальной переходной формы волны. Импульсная передача энергии происходит в течение нескольких циклов. Таким образом, значительная мощность может быть передана между двумя взаимно настроенными LC-цепями с относительно невысоким коэффициентом связи. Как показано на рисунке (1.7), передающая и приёмная катушки обычно это однослойные соленоиды или плоскую спираль с набором конденсаторов, которые делают возможным настройку принимающего элемента на частоту передатчика.

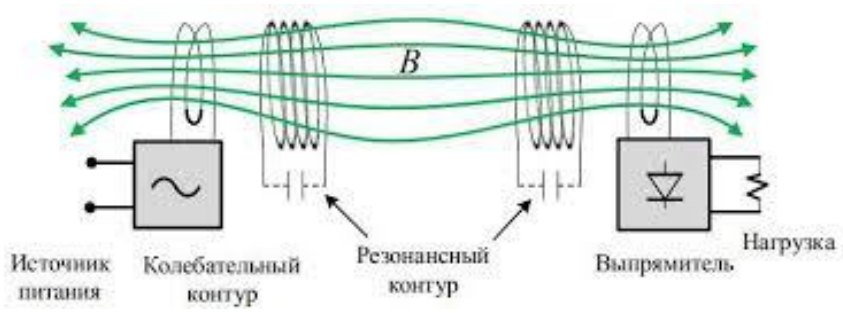


Рисунок 1.7 - Схема работы резонансного контура

Метод резонансной электродинамической индукции в действительности применяют только зарядки аккумуляторных батарей мобильных устройств, таких, как наушники и телефоны, медицинские имплантаты и электромобили. Техника локализованной зарядки использует выбор соответствующей передающей катушки в структуре массива многослойных обмоток. Резонанс используется как в панели беспроводной зарядки (передающем контуре), так и в модуле приёмника (встроенного в нагрузку) для обеспечения максимальной эффективности передачи энергии. Такая техника передачи подходит универсальным беспроводным зарядным панелям для подзарядки портативной электроники, такой, например, как мобильные телефоны. В качестве стандарта такой техники принята QI. [12]

В дополнении резонансная электродинамическая индукция также используется для зарядки гаджетов, у которых нет аккумуляторных батарей, таких, как RFID-метки или бесконтактные смарт-карты, а также для передачи электрической энергии от первичного индуктора винтовому резонатору трансформатора Тесла, также являющемуся беспроводным передатчиком электрической энергии.

В настоящее время технологию беспроводной связи различают по коэффициенту связи k. Если k ближе к единице, то такую связь называют сильносвязной (tightly-coupled), а если k <0,1, то такую связь называют слабосвязной.

Сегодня, существуют две технологии беспроводной зарядки, которые работают на технологии электромагнитной индукции. В первой используются сильносвязанные индукционные катушки, она называется Magnetic Induction, коротко MI. Вторая работает на катушках со слабой связью, она называется Magnetic Resonant, коротко MR.

Технология MR не нуждается в строгом расположении катушек в пространстве, т.е. имеется возможность использования одного источника для питания некоторого количества устройств внутри одного помещения. Однако, нужно понимать, что при увеличении расстояния может снизиться кпд системы.

В зависимости от требований, например, стоимость и размер катушек, в связанных системах, созданных на базе этих технологий, могут применяться

одна или несколько катушек. В рекомендациях таких организаций как Консорциум Беспроводной Энергии (WPC) и отраслевой некоммерческой организации PMA спецификаций, основанных на технологии MI, резонансная частота выбирается с учетом сопротивления нагрузки и может изменяться в достаточно широком диапазоне. В связи с этим эффективная добротность системы относительно низкая по сравнению с решениями на базе технологии MR. Оптимальная эффективность системы может быть достигнута только на определенной резонансной частоте и при оптимальном сопротивлении нагрузки. В случае использования MR-технологии (т. к. энергия передается на строго определенной резонансной частоте) добротность системы выше, однако требуется очень точное согласование резонансных частот. При использовании обеих технологий изменение параметров в процессе работы должно строго контролироваться, т. к. они оказывают непосредственное влияние на эффективность передачи энергии.

Эффективность системы является основополагающим параметром для беспроводной передачи электроэнергии. Чем больше эффективность системы, тем меньше будут ее размеры и стоимость при той же передаваемой мощности.

При питании смартфона кабелем от сети, кпд равняется примерно 95%. Добиться таких результатов с беспроводной зарядкой на сегодняшний день невозможно. Однако можно добиться увеличения кпд уменьшением расстояния между индуктивными катушками. Увеличение расстояния между катушками в системах со слабосвязаными первичной и вторичной катушками приводит к медленному уменьшению эффективности в сравнении со сильносвязными катушками.

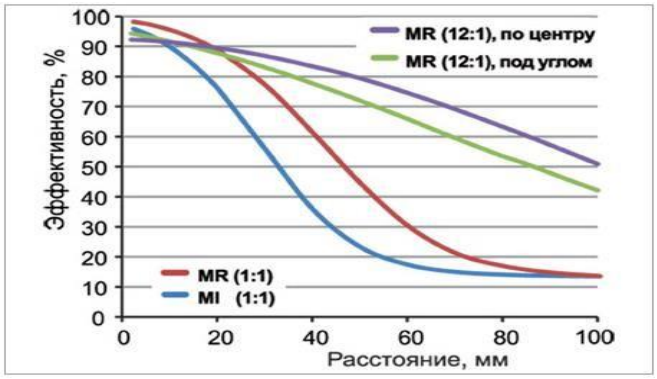


Рисунок 1.8 - График зависимости эффективности от расстояния

Если взглянуть на график 1.8, то можно заметить, что график MR который соответствует слабосвязной индукции менее крутой чем график MI (сильносвязная индукция). То же самое можно наблюдать если размеры катушек будут разного размера, 12 к 1 например. [12]

1.4 Стандарты

На сегодняшний день разрабатываются новые стандарты по беспроводные передачи энергии. Эти стандарты должны помочь избавиться от проводов и объединить большинство отраслей электроники.

Сейчас на рынке, ситуация со стандартами питания устройств не однозначна: существует большое количество различных типов зарядных устройств и большинство из них не совместимы. Это значит, что при приобретении нового гаджета, к примеру, IPhone вам придется использовать новое зарядное устройство.

Стоит отметить, что одной из причин медленного развития беспроводной зарядки устройств является отсутствие единого стандарта. На данный момент, как говорилось выше есть три стандарта от трех разных организаций QI от WPC, PMA (Powermat) и Rezence от (Alliance for Wireless Power)

1.4.1 Стандарт QI. Это стандарт, разработанный для беспроводной передачи электроэнергии на расстояние меньше чем 4 сантиметра консорциумом беспроводной электромагнитной энергии. Большинство нынешних беспроводных зарядок работают на этом стандарте. Например, Nokia, Samsung, HTC, Sony, Huawei, Xiaomi. В числе партнеров этого стандарта есть кофейня Starbucks, у которых беспроводная зарядка вмонтирована в стол для удобства посетителей, как показано на рисунке 1.9.

Устройства, работающие на стандарте QI, используют электромагнитную индукцию между двумя плоскими катушками. Главным отличием этого стандарта является частота работы. В стандарте QI частота составляет от 100 до 205 КГц. Данный стандарт предусматривает вариант низкой мощности от 0 до 5 ватт и средней до 10 ватт.

Рисунок 1.9 - Беспроводная зарядка, вмонтированная в стол в кофейне.

Таблица 1.1 - Характеристики протокола QI

Характеристики	Значения
Стандартный формат данных QI	QI возможности
Скорость передачи данных	2 Кбит/с
Кодирование байта	Стартовый бит; 8 бит данных; - бит четности; стоп-бит
Битное кодирование	Bi-phase
Структура пакетов	Преамбула> =11 Кбит
	Заголовок 1 байт
	Сообщения от 1 до 27 байт
	Контрольная сумма 1байт

1.4.2 Стандарт PMA. Это стандарт, разработанный некоммерческой организацией коротая занимается внедрением индуктивных и резонансных стандартов передачи энергии. PMA также как стандарт Rezence был создан 2012 году для того, чтобы продвигать беспроводную зарядку в автомобильной промышленности и на объектах общественной инфраструктуры. Самые влиятельные партнеры компании: Duracell, LG, Panasonic и т.д.

1.4.3 Стандарт Rezence разработанный компанией A4PM другая современная некоммерческая организация это альянс по опросам энергии (PMA). Rezence- стандарт магнитно-резонансной передачи электроэнергии разработанный альянсом для беспроводной передачи энергии. Устройство, функционирующее на данном стандарте может разряжать до 8 мобильных девайсов одновременно на среднем расстоянии. Данный стандарт был разработан для технологии WITRICITY. Стандарт был основан в 2012 году и на сегодняшний день имеет таких партнеров как LG, Microsoft, Panasonic и Samsung.

Таблица 1.2 - Сравнение стандартов.

Стандарт	QI	PMA	Rezence
Год создания	2008	2012	2012
Количество партнеров	205	100	150
Тип передачи	Индуктивная связь	Индуктивная связь	Магнитно-резонансная
Мощность передачи	0-5W на низкой мощности, 10-15W на средней мощности.	5W, 10-15W	До 50 W

1.5 Электростатическая индукция

Еще один метод беспроводной передачи энергии это электростатическая

или емкостная связь. Представляет собой прохождение электроэнергии через диэлектрик. В практическом применении это градиент электрического поля или дифференциальная ёмкость между двумя или более изолированными клеммами, пластинами, электродами или узлами, возвышающимися над проводящей поверхностью. Заряда пластин переменным током высокой частоты и высокого потенциала создает электрическое поле. Разница потенциалов создает емкость между двумя электродами и заряжающим их устройством.

На практике данный метод впервые был применен Николой Тесла для питания беспроводных ламп через воздушную среду (которая является диэлектриком). Сербский ученый говорил: «Вместо того чтобы полагаться на электродинамическую индукцию для питания лампы на расстоянии, идеальным способом освещения зала или комнаты будет создание таких условий, при которых осветительный прибор можно было бы переносить и размещать в любом месте, и он работал, независимо от того, где он находится, и без проводного подключения. Я сумел продемонстрировать это, создав в помещении мощное переменное электрическое поле высокой частоты. Для этой цели я прикрепил изолированную металлическую пластину к потолку и подключил её к одной клемме индукционной катушки, другая клемма была заземлена. Схема подключения показана на рисунке 1.10. В другом случае я подключал две пластины, каждую к разным концам индукционной катушки, тщательно подобрав их размеры. Газоразрядная лампа может перемещаться в любое место помещения между металлическими пластинами или даже на некоторое расстояние за ними, излучая при этом свет без перерыва» [6]

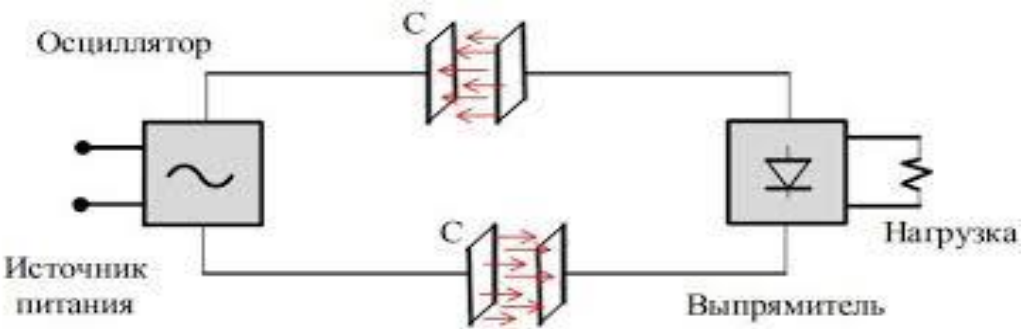


Рисунок 1.10 - Электростатический метод передачи электроэнергии

Как говорилось выше беспроводная передача энергии бывает на ближней и дальней дистанции.

На дальнем расстоянии используются методы микроволнового излучения и лазеров.

1.6 Микроволновое излучение

Микроволновая передача энергии относится в технологии передачи энергии с использованием электромагнитного излучения волны, длины волны

которой не измеряется в нескольких сантиметрах, они называются микроволнами. Для передачи энергии с помощью микроволн требуется источник электромагнитного излучения и микроволновой приемник с выпрямителем постоянного тока, который преобразуется из СВЧ энергии. Для этого может быть использована rectenna (ректенна) эффективной преобразования энергии которой составляет 90-95%. Данный способ был предложен для передачи энергии с солнечных станций находящихся на орбите Земли. Однако сложностью использования в космической программе является создание энергетического микроволнового луча из-за дифракции. Она ограничивает направленность антенны, поэтому необходима диафрагма большего размера. Для примера: в 1978 году в исследовании НАСА для передачи луча с частотой 2.45 ГГЦ потребуется передающая антенна с радиусом 500 метров, а приемной антенны в 5 километров. [7] Конечно, можно уменьшить эти значения путем использования более коротких волн. Но тогда они будут поглощаться атмосферой и будут очень сильно зависеть от погодных условий. А также будут небезопасны для человека. Принцип работы мироволнового излучения показан на рисунке (1.11).

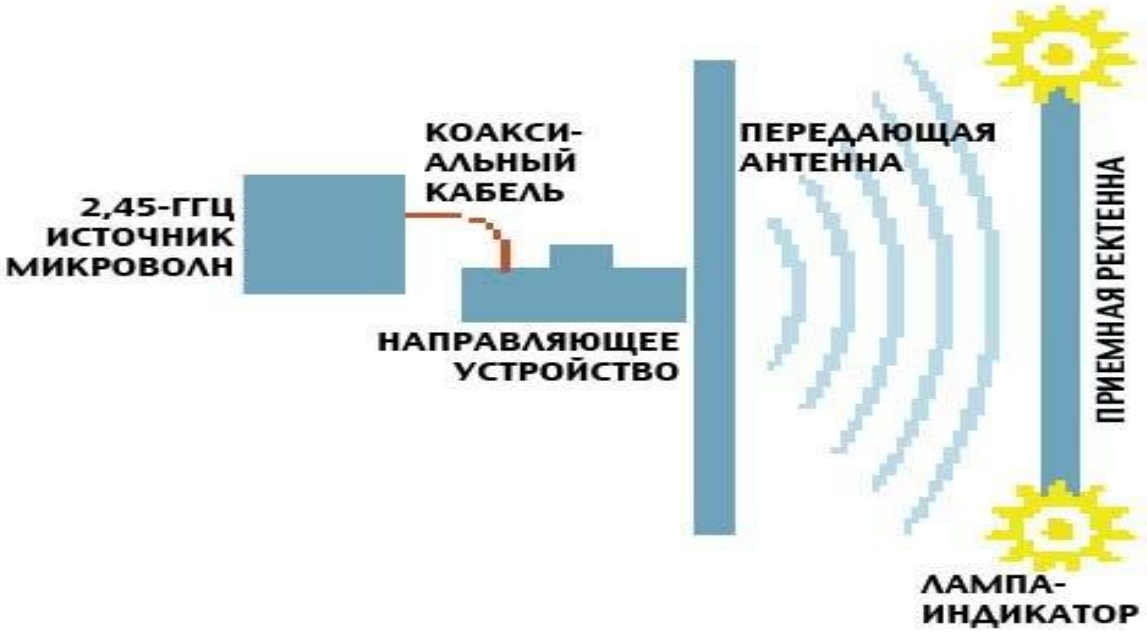


Рисунок 1.11- Микроволновой метод передачи электроэнергии

1.7 Лазерный метод

Если длина волны электромагнитного излучения составляет от $10*10^{-6}$ м до $10*10^{-9}$ м и граничит с видимой областью границы спектра, то преобразовав эту энергию в лазерный луч ее можно передавать на большие расстояния. А затем направить на фотоприемник.

Сперва можно подумать, что лазер- это идеальный метод передачи энергии. Он передает практически не рассеивающийся поток энергии с довольно высокой плотностью энергии, тем самым упрощается процесс обратного преобразования светового луча в электрическую энергию.

Однако, именно это преимущество делает его такую технологию опасной для окружающий среды и живых организмов. Такой вид электромагнитного излучения может прожигать объекты на большом расстоянии. Не трудно представить, что может сделать такой луч, бьющий из космоса с самолетом и пассажирами внутри. Дальность от орбиты составляет более 35 тысяч километров, и, если получится создать идеальный луч, пройдя такое расстояние он станет диаметром десятков и возможно сотен метров. Нагрев от такого луча будет нагревать в несколько раз больше чем солнце, и с возможную птицу, пролетающую через луч ждут неприятные последствия.

Сравнивая данный тип беспроводной передачи энергии с другими, он имеет следующие достоинства.

− данный тип связи не оставляет помех для связи, таких как сотовая или WI-FI;

− передача энергии с высоким КПД и на большие расстояния из-за малого угла расходимости;

− удобство использования в небольших изделиях благодаря маленьким размерам фотоэлектрического диода т.е. лазера;

− с другой стороны, присутствует также ряд минусов;

− значительные потери энергии в слоях атмосферы;

− невозможность передачи при отсутствие прямой видимости между приемником и передатчиком, аналогично как при микроволновой передаче энергии.

Данный способ передачи энергии при помощи лазера изначально разрабатывался для современных видов вооружения, а также для аэрокосмической промышленности. Сейчас, исследуются новые применения для электронных устройств малой мощности коммерческого и потребительского сегмента. Существует даже специальный стандарт, соответствующий безопасной передачи энергии в потребительских устройствах, а именно IEC 60825.

Первое практическое применение такой технологии показало НАСА в Драйденском летнем исследовательском центре, где компактная беспилотная модель летательного аппарата заряжалась с помощью лазерного луча, направленного на него. Это позволило находится в воздухе более длительное время без дополнительной посадки для подзарядки. Также НАСА в 2009 году устроили турнир по лазерной передаче энергии, в котором призовое место и около миллиона долларов было выиграно компанией Laser Motive, показавшей устройство способное работать на расстояние одного километра. Данное устройство смогло передать 500 ватт энергии при эффективности 10%.

1.8 Ультразвуковой метод

Такой способ передачи был впервые презентован на выставке The all things digital в 2011 году студентами университета Пенсильвания. Как и в других методах беспроводной передачи энергии, он использует приемник и передатчик. При презентации этой технологии она могла передавать энергию

на расстояние 5-10 метров но только при наличии прямой видимости между передатчиком и приемником.

Данный вид передачи энергии на данный момент невозможен из-за крайне низкого КПД и запрета на использование в некоторых странах из-за высокого уровня звукового давления при передаче на оптимальной мощности.

2 Анализ рынка беспроводных технологий

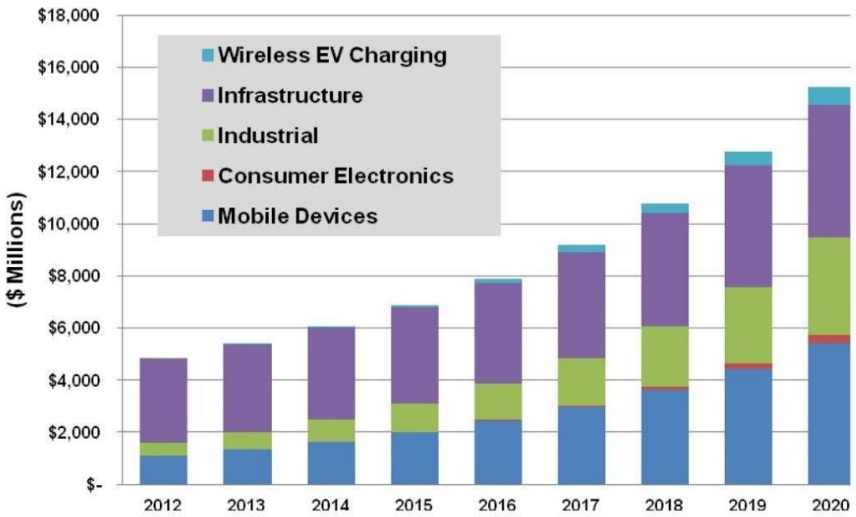


Рисунок 2.1 - Доля беспроводных зарядных устройств по годам

Как показано на рисунке 2.1, наибольший доход будет приносить инфраструктура, промышленные приложения и мобильные устройства. Тем не менее, мы увидим постепенный рост сектора потребительской электроники и беспроводной зарядки электромобилей по мере дальнейшего развития технологии.

Более того, как показано на графике ниже, согласно Балучи(2012) [8], по прогнозам доходы Тихоокеанского региона в конечном итоге превысят регион Северной Америки с долей 40% против 27% в 2020 году.

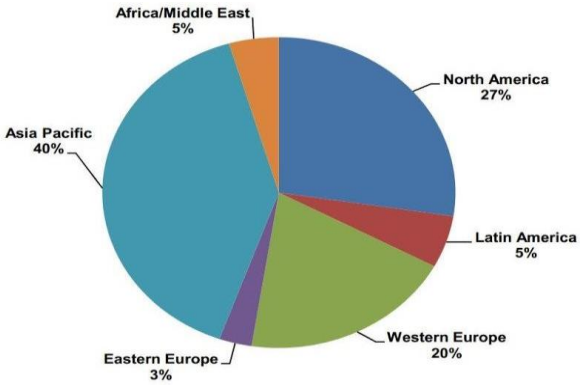


Рисунок 2.2 - График доли доходов от беспроводной передачи энергии по регионам в 2020 году

Наиболее убедительным аргументом в пользу технологии магнитного резонанса является то, что она обеспечивает большую свободу выравнивания, лучший диапазон и зарядку от нескольких устройств. Очевидно, что магнитный резонанс (или комбинация двух) - это будущее WPT. Тем не менее, в настоящее время перенос индуктивной связи находится в центре внимания, и на рынке есть только несколько решений для магнитного резонанса. На графике (2.3) ниже видно, что доля других типов БПЭ (микроволновые, лазерные и т.д.) практически не будет расти из-за ограничений в дальнем поле.

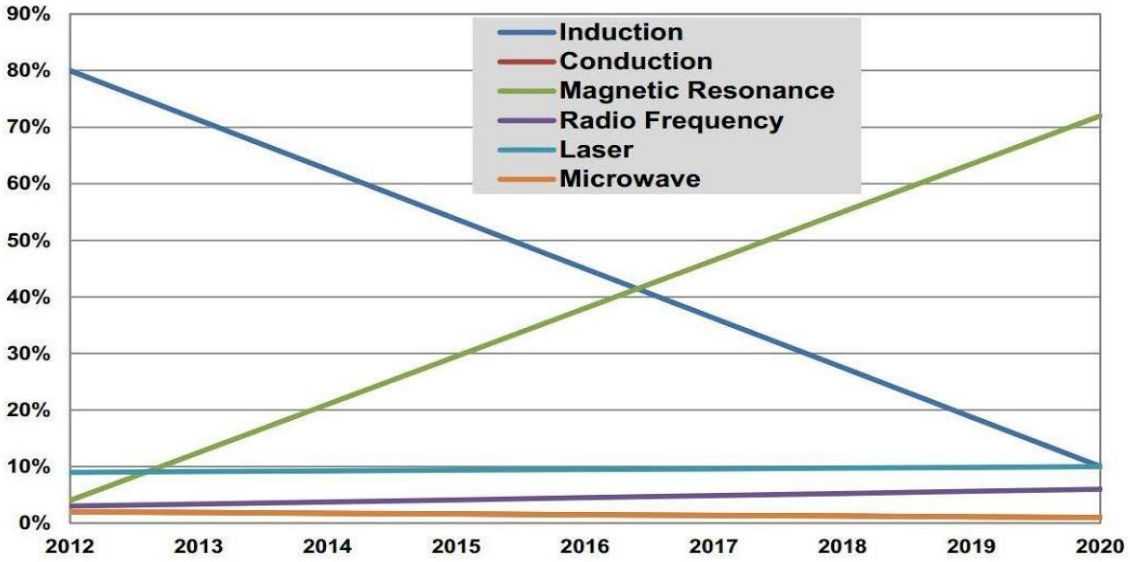


Рисунок 2.3 - График разделения методов беспроводной передачи энергии

3 Вывод

Сегодня, беспроводная передача электроэнергии применяется в основном для устройств или аккумуляторов, требующих постоянной и частой подзарядки. Для этих целей применяют технологии, основанные на явлении электромагнитной индукции, которые за последнее время получили значительное распространение среди пользователей.

Для достижения более эффективной и дальней передачи электроэнергии используется явление резонансной индуктивности, которое зависит от коэффициента индуктивной связи k. Этот коэффициент зависит от размеров первичной и вторичной катушек, из расположения относительно друг друга, а также из формы.

4 Создание зарядного устройства мощностью более 50W

После сравнительного анализа всех методов беспроводной передачи энергии, выяснилось, что индуктивность на стандарте QI является самой распространённой и уже используется многими компаниями.

Физика, стоящая за магнитно-резонансным методом 0 передачи электроэнергии.

Чтобы описать магнитное поле, создаваемое с помощью электрического поля в физике, часто используют закон Био-Савара (4.1). Закон Био-Саварта описывает отношение между магнитными полями и его величиной, направлением, близостью и длиной электрического тока, с помощью которого он действует.

$$B = \int dB \Rightarrow dB = \int \frac{\mu_o \mu_r}{4\pi} \times \frac{I dl sin\theta}{r^2} = \frac{I \mu_o \mu_r}{4\pi} \int \frac{sin\theta}{r^2} dl \quad . \qquad (4.1)$$

где r - в формуле (4.1) это полный вектор смещения от источника напряжения до самого магнитного поля;

μ_0 – это магнитная постоянная. Направление вектора магнитной индукции определяется правилом буравчика.

Если взять две связанные между собой катушки расположенные на расстоянии приемлемого воздействия магнитного поля, то магнитное поле, генерируемое передающей катушкой, воздействует на точку X которая находится на приемной катушке с силой

$$\mathrm{B} = \frac{\mu 0 \times N \times I \times a2}{2(a2+d2)3/2} \, . \qquad (4.2)$$

где N – это число медных контуров4

I- это ток, протекающий в индукционном передатчике;

a - это радиус передающей катушки;

d - это расстояние между катушками.

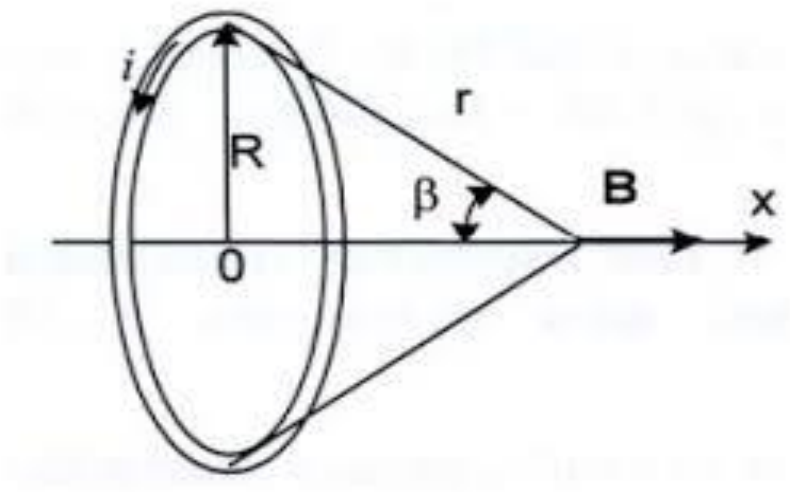


Рисунок 4.1- Магнитное поле катушки

Магнитный поток проходящий через приемную катушку можно описать формулой $\Phi=\iint_s BdS$, (3), где B это плотность магнитного потока созданного передатчиком. S- это площадь поверхности приемной катушки.

Так как ток в катушке передатчика изменяется со временем, то это приводит к изменению магнитного поля в катушке приемника и электродвижущая сила (ЭДС) индуцируется в приемной катушке которую можно посчитать применив закон Фарадея.

$$E=-\frac{d\Phi}{dt}\ . \tag{4.3}$$

где Ф - это магнитный поток. ЭДС изменяет ток во вторичной обмотке, магнитное поле которого зависит от изменения магнитного потока согласно закону Ленца.

Именно, таким образом передается энергия передается от одной катушки к другой.

Самоиндукция — это явление возникновения эдс, создаваемой в следствии изменения силы тока в самом контуре.

$$L=\frac{N\times\phi}{I}\ . \tag{4.4}$$

где N- это число витков, L- индуктивность контура, а Ф собственный магнитный поток.

Если объединить формулы (5.3) и (5.4), то мы получим что

$$E=-L\times\frac{dI}{dt}\ . \tag{4.5}$$

Магнитно-Резонансная Катушка.

Для эффективной передачи электроэнергии беспроводная высоко-резонансная система должна иметь высокий коэффициент связанности двух индуктивных катушек. Обычно, для того, чтобы добиться такого фактора, электромагнитные резонаторы изготавливаются из проводящих компонентов, имеющих узкую резонансно-частотную ширину. Благодаря этому, можно уменьшить влияние посторонних предметов на передачу энергии.

Если расположить два резонатора на близком расстоянии к друг другу то, резонаторы смогут образовать связь для обмена информацией и энергией. Эффективность этого обмена изменяется в зависимости от, каждого резонатора и коэффициента связи.

Динамика системы из двух резонансно-магнитных катушек может быть определена из теории режима связи или из анализа эквивалентной схемы соединения. Эквивалентная схема для связанных катушек имеет последовательный резонанс цепи. Как показано на рисунке.

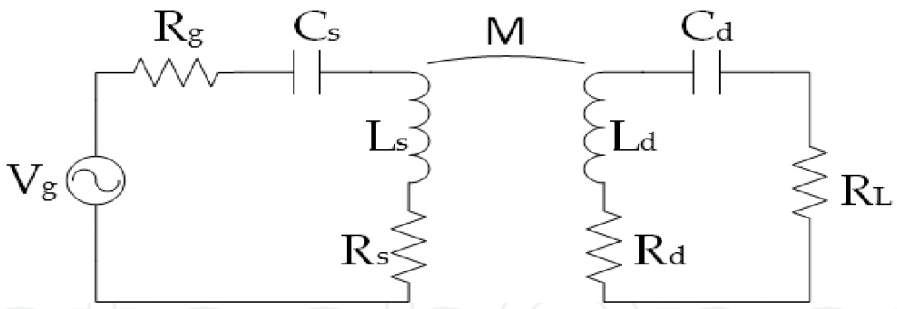


Рисунок 4.2 - Эквивалентная схема магнитно-резонансной цепи

Где R это источник внутреннего сопротивления и частота ω(2πf). Vg это амплитуда источника напряжения. Ls и Ld это резонаторная катушка источника и принимающего источника соответственно. И взаимная индуктивность как описывалось выше это

$$M = k\sqrt{L1 \times L2}.$$

Каждая катушка имеет последовательный конденсатор, который образует резонатор. Нежелательное сопротивление, в том числе и омические и радиационные потери обозначаются как Rs и Rd. Сопротивление нагрузки переменного тока на схеме показан как Rl.

Выход по этой схеме может быть определен из отношения передаваемой мощности к нагрузке. Сопротивление максимально доступной мощности источника, в то время как резонаторная система сильно связана.

$$\frac{\mathrm{Pl}}{\mathrm{Pgmax}} = \frac{4\times \mathrm{U2}\times\frac{\mathrm{Rg}\times\mathrm{Rl}}{\mathrm{Rs}\times\mathrm{Rd}}}{\left[\left(1+\frac{\mathrm{Rg}}{\mathrm{Rs}}\right)\times\left(1+\frac{\mathrm{Rl}}{\mathrm{Rd}}\right)+\mathrm{U2}\right]^2}, \tag{4.6}$$

$$\mathrm{U}=\frac{wM}{\sqrt{RsRd}} = k \times \sqrt{Qs \times Qd}\,. \tag{4.7}$$

Для того, чтобы обеспечить наилучшую производительность системы катушек, нужно грамотно подобрать правильную нагрузку и сопротивление источника или другие значения сопротивления могут быть зафисированы с использованием линии согласования импендансов. Или выбрать сопротивление используя формулу

$$\frac{Rg}{Rs} = \frac{Rl}{Rd} = \sqrt{1 + U2}\,. \tag{4.8}$$

Эффективность передачи мощности может быть выражена как

$$\mu = \frac{U^2}{\left(1+\sqrt{1+U^2}\right)^2}. \tag{4.9}$$

Используя эту формулу (4.9) максимальную эффективность беспроводной передачи можно представить в виде графика, изображенного на рисунке 4.3.

Система катушек с высоким значением напряжения может обеспечить высокую эффективность передачи энергии. Самую лучшую систему передачи энергии можно достигнуть путем определения факторов производительности системы, такими как U, которая зависит от коэффициента магнитной связи и факторов качества Qs.(источника) и Qd (устройства).

Для некоторых применений магнитно-резонансной беспроводной передачи энергии коэффициент добротности резонатора и магнитная связь между резонаторами используются для определения наилучших возможных характеристик системы.

В уравнении (4.9) можно заметить, что, магнитный коэффициент связанности и коэффициент добротности больше для беспроводной передачи. Коэффициент магнитной связи представляет собой магнитный поток между, в то время как устройство резонатора является безразмерным параметром со значением между 0 (что значит не подключено) и 1 (полный поток связан).

Обычные индукционные беспроводные системы передачи энергии (такие как зубные электрические щетки) имеют высокое значение связи и близкий диапазон, выровненный между источником и устройством. Уравнение 4 указывает, что высококачественный резонатор более эффективен, чем традиционная индукционная система. Что еще более важно, становится возможным эффективно работать при низких значениях связи. Также для этого по этой причине исключается необходимость точного позиционирования между источником и устройством. К сожалению, самым большим недостатком высококачественного фактора является то, что пик напряжения конденсатора слишком высок. Отношение между максимальным значением напряжения конденсатора и добротностью показан в уравнении (4.10).

$$Upeak = Q \times \frac{2 \times U}{\pi}. \tag{4.10}$$

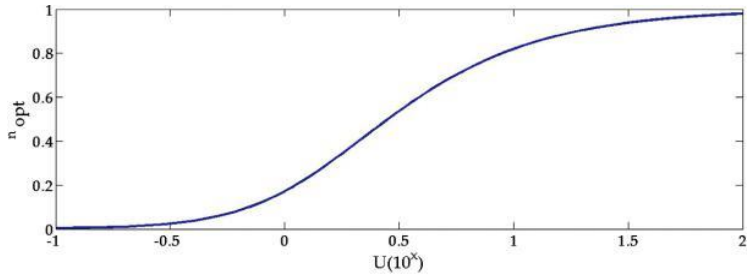


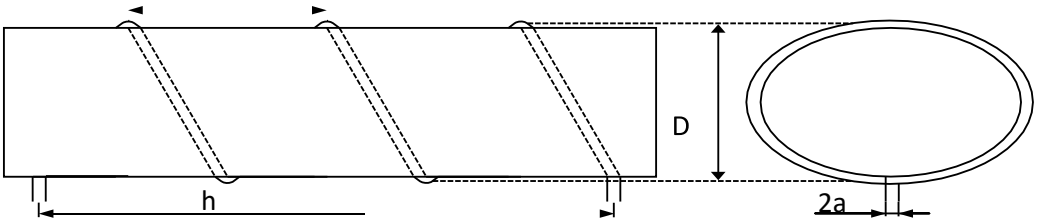
Рисунок 4.3 - Эффективность катушки от напряжения

4.1 Параметры катушек

Как говорилось и показывалось в формулах, параметры катушки одна из

самых главных характеристик в разработке систем беспроводной магнитно-резонансной передачи электроэнергии. От этих параметров зависит добротность, взаимная индуктивность, определяющая максимальную передачу, эффективность, максимальная дистанция передачи, а также пропускная способность зависит от параметров передатчик / приемник. Расчет индуктивности обычно начинается с так называемого чистого индуктора, когда он предполагается, что соленоид катушка сформирована из бесконечно тонкого провода без зазоров между проводниками (витки провода электрически изолированы). Основная характеристика этой катушки в том, что на низких частотах она излучает равномерно магнитное поле по всей длине. Насколько эти условия выполнены, мы можем написать в формуле.

$$Ls = (\mu \times \pi \times D^2 \times N^2)/4h\,. \tag{4.11}$$



$$\mathrm{Kl}=\frac{2\mathrm{h}}{\mathrm{D}}\left(\frac{\left(\ln(4\mathrm{D})-\frac{1}{2}\right)\times\left(1+0{,}393801\times\left(\frac{\mathrm{h}}{\mathrm{D}}\right)+0{,}017107\times\left(\frac{\mathrm{h}}{\mathrm{D}}\right)^4\right)}{1+0{,}258854\times\left(\frac{\mathrm{h}}{\mathrm{D}}\right)^2+0{,}093754\times\left(\left(\frac{\mathrm{h}}{\mathrm{D}}\right)^2\right)+0{,}002028*\left(\frac{\mathrm{h}}{\mathrm{D}}\right)^4-0{,}000902\times\left(\frac{\mathrm{h}}{\mathrm{D}}\right)^6}\right). \tag{4.12}$$

Для реальной катушки нужно обратить внимание коэффициент ks, который учитывает поперечное сечение круглого проводника и коэффициент km для взаимной индуктивности между витками.

$$\mathrm{Ks}=\frac{3}{2}-ln\left(\frac{p}{a}\right), \tag{4.13}$$

$$\mathrm{Km}=\ln(2\pi)-\frac{\ln(N)}{6N}-\frac{0{,}33095347}{N}-\frac{1}{120N}+\frac{1}{505N}-\frac{0{,}001192}{N^7}+\frac{0{,}0005067}{N^9}\,, \tag{4.14}$$

$$\mathrm{L}=\mathrm{Ls}-\frac{\mu\times\mathrm{N}\times\mathrm{D}}{2\times(\mathrm{ks}+\mathrm{km})}\,. \tag{4.15}$$

Два других паразитических элемента: эффект кожи и эффект близости должен быть принят во внимание при высоких частотах, соответственно, в зависимости от частоты модуляции. Так называемая внутренняя индукция, которая является мнимым противоположным кожному эффекту, быстро уменьшается с увеличением частоты и пропорциональна длине проводника, влияет на Расчет индукционной катушки. Эффект внутренней

индуктивности, однако, может быть использован только для маленьких катушек.

$$\text{Li}=\frac{\mu 0\times\Omega\times(1-e^{\left(-\frac{a}{2}\right)^{3,8}})^{3,8}}{4\times\pi\times a}\times(1-y)\times l\ . \qquad (4.16)$$

Где, вакууме, а радиус конденсатора, l общая длина медного провода катушки.

$$y=\frac{0,2339}{((1+1,67\times(z^{0,036}-z^{-0,72})^2)^4}\ , \qquad (4.17)$$

$$\text{z}=\frac{\text{s}}{2,25\times\text{w}}, \qquad (4.18)$$

$$l=\pi\times N\times D+h^2. \qquad (4.19)$$

Конечный вид формулы для нахождения индукции катушки со всеми корректировками.

$$L=Ls-\frac{\mu\times N\times D}{2}\times(ks+km)+L. \qquad (4.20)$$

Где, Ls это индукция чистого индуктора и μ0 вакуумная проницаемость среды, n число витков, ks, km это поправочные коэффициенты, Li внутренняя индуктивность катушки. Так называемый Litzwire-высокочастотный кабель используется для подавления негативного воздействия частотно-зависимой части сопротивления катушки проводника в высокой частоте системы. Его задачей является подавление кожного эффекта и эффект близости [12]. Высокочастотный кабель состоит запутанных тонких изолированных проводов, рекомендуемый диаметр которого $d\leq 2\Omega$ где d это диаметр проводника, Ω глубина проникновения. Litzwire следует использовать только для частот от 50 кГц до 3 МГц. Если две катушки имеют одинаковый радиус, одинаковое количество витков и удерживаются на одной оси, их взаимная индуктивность может быть определена по формуле

$$\text{M}=\mu 0\times\frac{D}{2}\times N^2\int_0^{\pi}\frac{cosx}{\sqrt{2\times(1-\cos(x))+\frac{d^2}{D}}}dx. \qquad (4.21)$$

Таблица 4.1 - Основываясь на данных параметрах и отношениях, характеристики катушки рассчитываются согласно таблице

Характеристика	Значение	Единица измерения	Описание
1	2	3	4
D	185	(mm)	Ширина катушки
l	60	(mm)	Длина катушки

Продолжение Таблицы 4.1

1	2	3	4
a	1,5	(mm)	Ширина проволоки
N	6	(-)	Количество витков
f	300	(kHz)	Частота
p	10	(mm)	Подача
Ф	1,07	(-)	Проницаемость
kL	0,443	(-)	Неравенство.
ks	-1,35	(-)	самоиндуктивность
km	0,234	(-)	Взаимная индуктивность
l	3545	(mm)	Физическая длина провода
dmin	<0,35	(mm)	Рекомендованная минимальная толщина кабеля
Nlw	33	(-)	Количество кабелей для Litz-кабеля
wl	120	(μm)	Глубина проникания
L	9,34	(μH)	Индукция
R	0,063	(Ω)	Сопротивление
C	1020	(pF)	Емкость
Q	175	(-)	Добротность
F(rez)	22,654	(MHz)	Собственная частота катушки

Для того, чтобы вычислить взаимную индуктивность M используется уравнение .Результаты показаны в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Зависимость дальности от коэффициента связи

Дальность(см)	5	10	15	20	25
M(μ)	3,45	1,465	0,725	0,4	0,24
K(-)	0,37	0,157	0,08	0,05	0,028

Где k это коэффициент связи, вычисляемый по формуле

$$k = \frac{M}{\sqrt{L1 \times L2}}.$$

4.2 Вычисление параметров и элементов катушки

Для анализа топологий была выбрана подходящая тестовая топология с последовательн подключением компенсационного конденсатора. Здесь

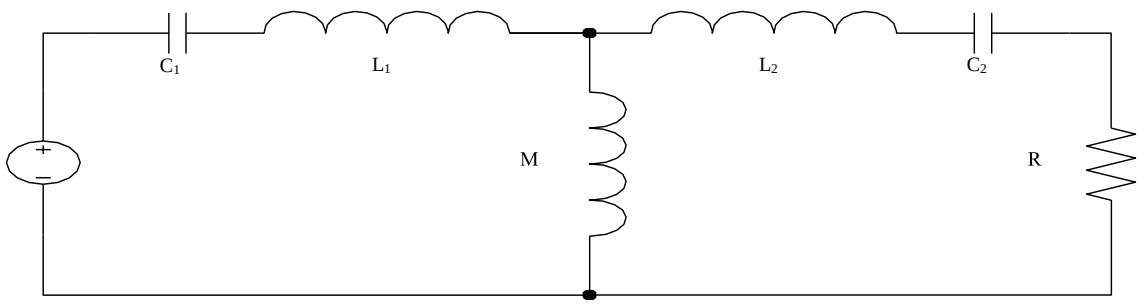


Рисунок 4.3 – Эквивалентная схема магнитно-резонансной цепи.

выбор топологии определяет дальнейшие расчеты элементов и параметров схемы.

Следующее уравнение было использовано для расчета коэффициента

$$n = Av \times \frac{\frac{Uin}{2}}{Uout} = 2{,}5. \quad (4.22)$$

Между первичной и вторичной катушек коэффициент трансформации был выбран равным 1, чтобы упростить конструкцию и нужное напряжение на выходе. Подобным образом, это решение является предпочтительным в свете структуры катушки и дальнейшей конструкции. Подобным образом, это решение является предпочтительным в свете структуры катушки и дальнейшей конструкции. Значение компенсационной емкости во вторичной катушке вычисляется по формуле

$$\mathrm{C2} = \frac{1}{w^2 \times L2} = 32 \text{ (nF)}.$$

Следующим, рассчитывалось значение компенсационной емкости в первичной емкости

$$C1 = \frac{L2 \times C2}{L1} = 32 \text{ (nF)}.$$

Эти значения были округлены до более высокой производительной серии.

Эффективность выбранной топологии на расстоянии пяти сантиметров была рассчитана, где M=3,45 (μH).

Далее, значение добротности двух катушек (первичной и вторичной) вычисляем по формулам (5.23) и (5.24)

$$Q1 = \frac{L1 \times Rl}{w0 \times M^2} = 3{,}5, \quad (4.23)$$

$$Q_2 = \frac{w0 \times L2}{Rl} = 2{,}2. \quad (4.24)$$

Данные значения являются только теоретическими, но они имеют решающее значение. В реальности, также нужно будут сопротивления провода, сопротивление конденсаторов, во внимание взяли только сопротивление катушек.

Таблица 4.3 – Зависимость коэффициента к от расстояния.

	Эквивалентная схема			k линейная		
Расстояние	U (V)	I(A)	n(%)	U(V)	I(A)	n(%)
5	43	4.9	80	47	5.5	83
10	34	4	56	35	4	57
15	28	3.3	27	30	3.5	25
20	20	2.4	11	19	2.1	10
25	13	1.5	4	11	1.25	4

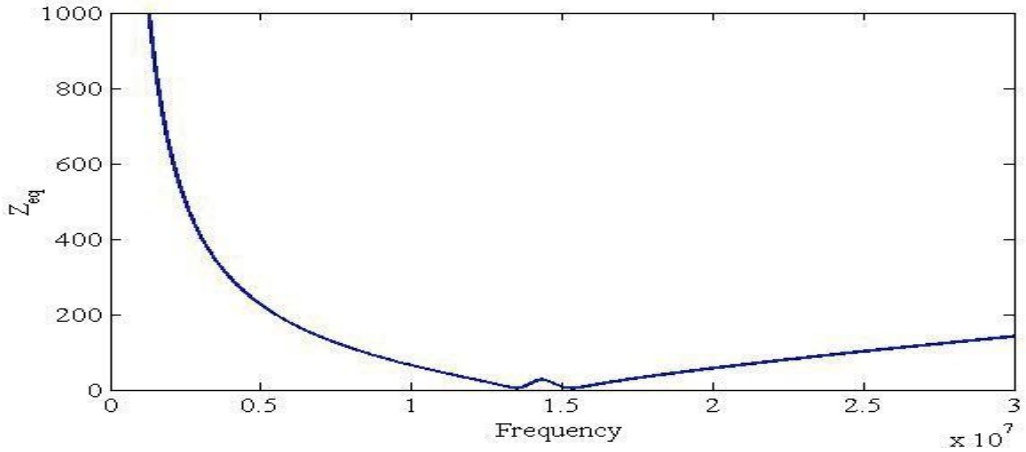


Рисунок 4.4 - График эквивалентного импеданса.

Катушки первичной и вторичной различают четыре раздичных состояния магнитно-резонансной связи: в первом состоянии петли катушек передатчика и приемника не являются резонансными: во втором контур передающей вторичной катушки находится в резонансе, а контур первичной катушки нет, в третьих, контур катушки передатчика не является магнитно-резонансным, в то время как катушка приемника: и в последнем состоянии контуры катушки передатчика и приемника являются резонансными. Когда вся система сцепления находится в резонансе, значение импеданса минимально. по поверхности катушки.

4.3 Симуляция электромагнитных волн в программе Maxwell 3d simulation

Сотни вольт были использованы для идеального источника синуса 13,552 МГц. Были выбраны индуктивность обмотки 999,2 нГн, взаимная индуктивность 128,6 нГн, значения конденсатора 124 пФ, значение R 0,22 Ом и значение сопротивления Z0 5 Ом. Схему цепи и смоделированные катушки

можно увидеть на рисунках 8 и 9. Графики плотности магнитного потока и формы тока и напряжения для воздушного зазора 10 см можно увидеть на рисунках 4.5, 4.6, 4.7, 4.8.

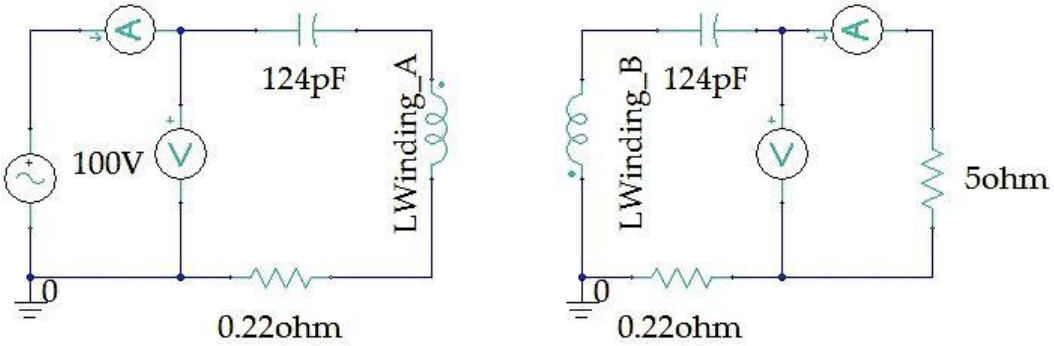


Рисунок 4.5 - Схема 3D цепи в программе Maxwell

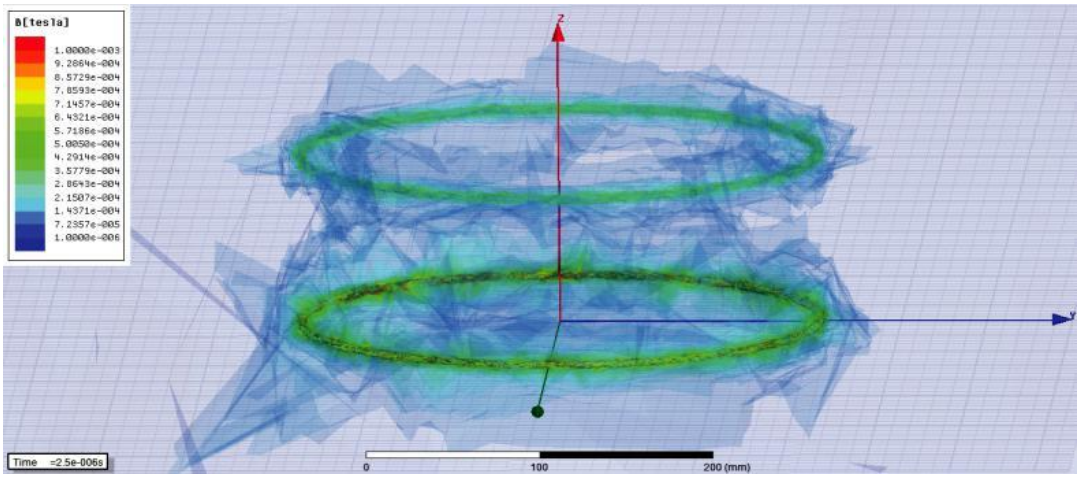


Рисунок 4.6 - Плотность магнитного потока катушек приемника и передатчика на расстоянии 10 см

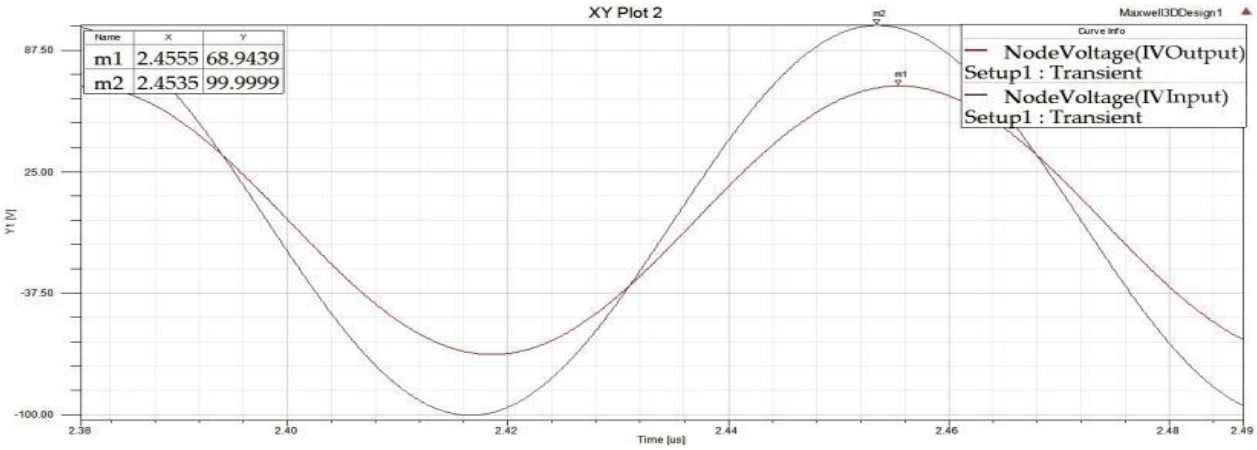


Рисунок 4.7 - Входные и выходные напряжение при сопротивлении 5 Ом в программе Maxwell 3d

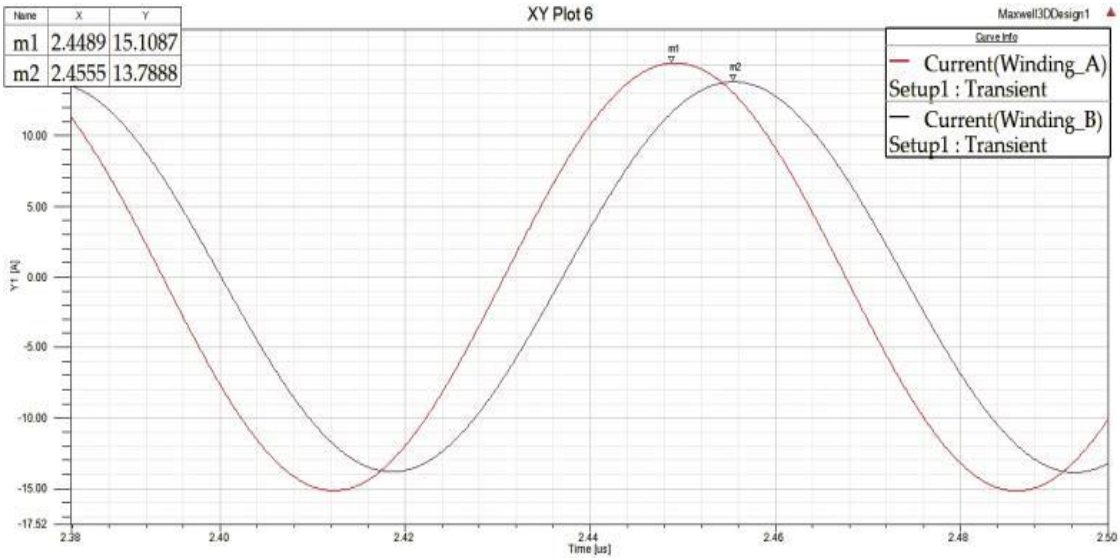


Рисунок 4.8 - Напряжение, проходящее через первичную и вторичную катушки

4.4 Структура технической разработки

Описание элементной базы.

В основе передающей части устройства лежит интегральная схема NE555. Это аналоговая интегральная схема, универсальный таймер — устройство для формирования (генерации) одиночных и повторяющихся импульсов со стабильными временными характеристиками. Входные и выходные сигналы которой изменяются по закону непрерывной функции (т.е. являются аналоговыми сигналами).

Используется для производства различных генераторов, модуляторов, реле времени, пороговых устройств и других узлов электроаппаратуры. В плане примеров для эксплуатации такой микросхемы-таймера можно упомянуть функции восстановления цифрового сигнала, искаженного в линиях связи, фильтры дребезга, двухпозиционные регуляторы в системах автоматической регулировки, импульсные преобразователи напряжения, устройства широтно-импульсного регулирования, различные таймеры и так далее.

Устройство представляет собой асинхронный RS-триггер со специфическими порогами входов, точно заданными аналоговыми компараторами и встроенным делителем напряжения. Триггер (триггерная система) — класс электронных устройств, обладающих способностью длительно находиться в одном из двух устойчивых состояний и чередовать их под воздействием внешних сигналов. Каждое состояние триггера легко распознаётся по значению выходного напряжения. По характеру действия триггеры относятся к импульсным устройствам — их активные элементы (транзисторы, лампы) работают в ключевом режиме, а смена состояний длится очень короткое время. Компаратор (аналоговых сигналов) (англ. comparator — сравнивающее устройство) — электронная схема,

принимающая на свои входы два аналоговых сигнала и выдающая логическую «1», если сигнал на прямом входе («+») больше, чем на инверсном входе («−»), и логический «0», если сигнал на прямом входе меньше, чем на инверсном входе.

4.5 Описание и основные параметры схемы

Сама микросхема включает в себя делитель напряжения с двумя опорными напряжениями для сравнения, два прецизионных компаратора (низкого и высокого уровней), RS-триггер с дополнительным входом сброса, транзисторный ключ с открытым коллектором (когда коллекторный вывод не соединяется с остальными элементами модуля (микросхемы), а непосредственно выводится наружу (на разъем модуля или вывод микросхемы) и выходной усилитель мощности, необходимый, чтобы увеличить нагрузочную способность.

Номинальное напряжение питания стандартной версии микросхемы может быть в пределах от 4.5 до 16.5 В соответственно. Некоторые из модификаций могут работать с напряжением до 18 В. КМОП-версии отличает возможность работы даже при пониженном напряжении питания (от 2 В соответственно).

Ток, который потребляет микросхема может достигать величины от 6 до 15 мА соответственно. Это будет зависеть от напряжения питания (6 мА при V_{CC} = 5 В и 15 мА при V_{CC} = 15 В соответственно). Обычное стандартное потребление, как правило, меньше и составляет от 3 до 10 мА в состоянии низкого уровня и от 2 до 9 мА в состоянии высокого уровня. Потребляемый ток КМОП-версий таймера не выходит за границу сотен микроампер.

Максимальный выходной ток, если рассматривать отечественные КР1006ВИ1 и КМОП-версии таймеров равен 100 мА. Большая часть ныне производимых иностранных аналогов, выполнена по биполярной технологии и допускает выходной ток до 200 мА и даже больше.

Диапазон температур для хранения составляет от -65 до +150 °С.

4.6 Особенности и недостатки

Используемая схема неотключаемого внутреннего делителя напряжения, стоящего на входе троичного компаратора не допускает независимую установку напряжений сравнения для верхнего и нижнего компараторов, как следствие, ограничивается область возможного применения для микросхемы. К минусам биполярного таймера помимо всего прочего можно отнести и существенный импульсный ток потребления (до 300-400 мА) в моменты, когда таймер переключается. Данный ток обусловлен сквозными токами выходного каскада этой микросхемы. В связи с такой особенностью и появилась следующая рекомендация: подключать между выводом 5 («контроль делителя») и минусом питания блокирующий конденсатор в диапазоне от 0.01 до 0.1 мкФ. Этот конденсатор призван защитить внутренний делитель микросхемы от

помех, которые наводятся по цепи питания в те моменты, когда таймер переключается. Такая мера устраняет нестабильность при его запуске и увеличивает общую надёжность схемы в целом. Для подобных целей микросхему следует шунтировать по цепи питания керамическим конденсатором с номинальной ёмкостью в 1 мкФ, расположить его следует в непосредственной близости к микросхеме. Важно отметить, что такой недостаток почти полностью устранён в КМОП-версиях таймера, следовательно, ставить с ними дополнительные конденсаторы, как правило, не требуется.

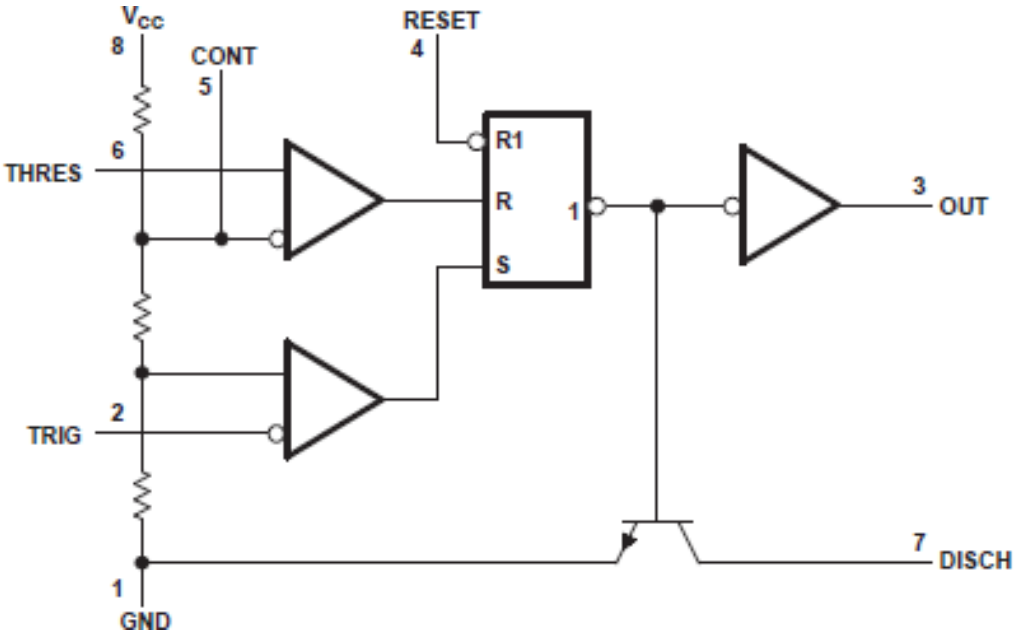


Рисунок 4.9 - Структурная схема NE555

Микросхема NE555 на рисунке 4.9 в большинстве случаев производится в корпусе PDIP8 и SO8, однако встречаются и другие варианты конструкций. На схемах, как правило, обозначается прямоугольником с подписью «G1/GN», расшифровка — специализированный генератор, используемый для формирования одиночных импульсов или серий импульсов. Расположение выводов стандартное для всех микросхем одного типа. [15]

4.7 Проектирование

Было бы правильно начать исследование и разработку более мощного устройства с оценка существующих на рынке решений. Сегодня на рынке практически все беспроводные зарядные устройства работают на стандарте QI и выдают не более 5-7,5W. Тем не менее, в результате математического анализа, моделированию магнитных полей, а также использованию более продвинутых передатчиков, приемников, материнских плат. В особенности, было проверено что длина медной проволоки, используемой в катушке до 4 метров могут быть использованы без существенного снижения КПД. (по крайней мере для проводов сечением 6.6 м2). Из всех представленных в обзорной главе методов передачи энергии

наибольшее распространение в реализации разработок беспроводных зарядных устройств получил метод электромагнитной индукции. На этой технологии и будет спроектировано беспроводное зарядное устройство.

Работа таймера NE555 может регулироваться, с помощью изменения внутреннего порога срабатывания и переключения, которое осуществляется подачей внешнего напряжения или тока на вывод CONT. Ниже на рисунке (4.10) показана схема для широтно-импульсной модуляции. Широтно-импульсная модуляция (ШИМ, англ. pulse-width modulation (PWM)) — процесс управления мощностью, подводимой к нагрузке, путём изменения скважности импульсов, при постоянной частоте. Непрерывная последовательность входных импульсов запускает моностабильный мультивибратор, а управляющий сигнал модулирует пороговое напряжение. [16]

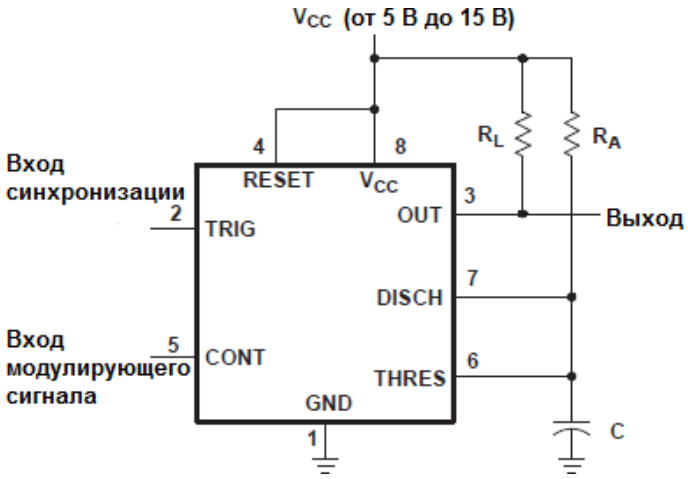


Рисунок 4.10 - Схема ШИМ-регулятора на 555 таймере

На рисунке 4.11 показана схема , полученная на выходе широтно-импульсная модуляция. В то время как синусоидальный модулирующий сигнал может быть любой формы.

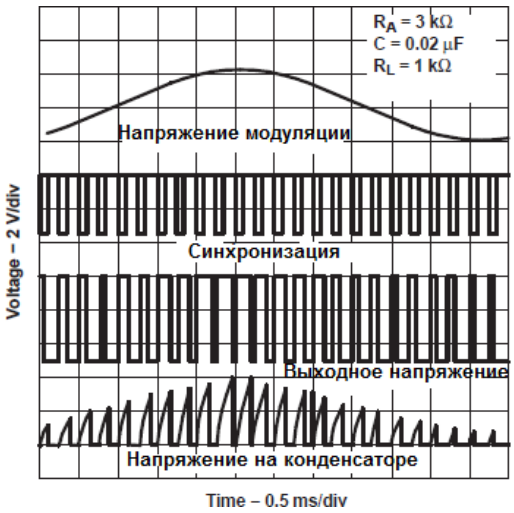


Рисунок 4.11 - Осциллограмма ШИМ-модуляции

Напряжение на входе модулирующего сигнала должно изменяться относительно земли. Подключаемая нагрузка должна быть терпима к нелинейности передаточной функции; связь между модуляцией и шириной импульса не является линейной, поскольку заряд конденсатора в RC-цепочке идет по отрицательной экспоненциальной кривой.

Следует подобрать R_A и C таким образом, чтобы $R_A \cdot C = 1/4$ [периода синхронизации]. В данной схеме опытным путём, с использованием осциллографа, подобрана примерно такая компоновка. [17]

4.8 Принцип работы схемы

Передатчик:

Интегральная схема NE555, лежащая в основе передатчика формирует (генерирует) одиночные и повторяющиеся импульсы со стабильными временными характеристиками. Конденсатор C1 на схеме передатчика имеет на одной из своих пластин положительный заряд, на другой отрицательный, после того, как он зарядится полностью, он начинает разряжаться. После полного разряда он начинает заряжаться в обратном направлении. Так до полного заряда и снова разряд. Резистор R1 дополняет конденсатор C1 до RC-цепи. Получается дифференцирующая RC-цепь, или, условно говоря, фильтр высоких частот. Таким образом, получается основа — RC-генератор, номиналы элементов которого подобраны таким образом, что выдают нам частоту номиналом около 80 кГц. Два диода 1N4148необходимы, т.к. используем ШИМ – модуляцию (У нас имеется ШИМ генератор, т. е. можно изменять ширину импульса — это особенности работы 555-го таймера. В данной работе эта характеристика не менялась, т. е. была установлена в соответствии с Datasheet), ширину импульса меняем номиналом R2. Таким образом, можем менять мощность на выходе. Диоды нужны, чтобы иметь фиксированную частоту, нужную полярность включения и обеспечить защиту входов схем от перегрузки. Номиналы подобраны в соответствии с Datasheet 555-го таймера. [18]

R2 включен потенциометром (резистор с подвижным отводным контактом), его номинал был подобран, с использованием осциллографа. Получилась оптимальная ширина импульса и нужная мощность на выходе.

Конденсатор C2 необходим для стабильной работы схемы и приведён в типичных схемах включения по Datasheet к 555-му таймеру.

Резистор R3 обеспечивает защиту от превышения допускаемой границы по току. Электроны стекают с затвора на корпус, и ток должен быть чем-то ограничен.

Транзистор IRFZ44N обеспечивает защиту, в ином случае, если произойдут всплески индукции с L1, микросхема придёт в негодность. В данном же случае ток антенны идёт от плюса к минусу лишь в те моменты, когда открывается транзистор. Кроме этого, IRFZ44N выступает в роли усилителя перед отправкой сигнала в антенну.

Приёмник

На приёмной стороне сигнал, поступающий с антенны, проходит через диод FR107, с целью получить постоянное напряжение.

Конденсатор C1 сводит к минимуму провалы в напряжении, повышая эффективность работы схемы. [19]

Стабилизатор 78L05 позволяет получить на выходе 5 вольт из 12 вольт на входе, т. е. в конечном итоге добиться нужных 5 вольт для питания непосредственно самого аккумулятора телефона.

Конденсатор C2 опять же сводит к минимуму провалы в напряжении, повышая эффективность работы схемы.

На основании полученных результатов в таблице 4.4 требуется провести вычисление энергии W, поступающей с передающей катушки на приемную для спиралевидной системы катушек. Вычисление проводим в программе Comsol Multiphysics. В таблице представлен диапазон частот от 100 кГц до 3 МГц с шагом 100 кГц в целях уменьшения объема записи табличных данных.

Таблица 4.4 – Результаты расчета энергии в приемной катушке от частоты

f, Гц	*W*, Дж	*f*, Гц	*W*, Дж	*f*, Гц	*W*, Дж
1.0001E5	1.6742E-6	1.1000E6	1.3893E-8	2.1000E6	3.8120E-9
2.0001E5	4.1966E-7	1.2000E6	1.1674E-8	2.2000E6	3.4734E-9
3.0001E5	1.8665E-7	1.3000E6	9.9471E-9	2.3000E6	3.1779E-9
4.0001E5	1.0502E-7	1.4000E6	8.5769E-9	2.4000E6	2.9186E-9
5.0001E5	6.7226E-8	1.5000E6	7.4715E-9	2.5000E6	2.6898E-9
6.0001E5	4.6688E-8	1.6000E6	6.5667E-9	2.6000E6	2.4869E-9
7.0001E5	3.4304E-8	1.7000E6	5.8169E-9	2.7000E6	2.3061E-9
8.0001E5	2.6265E-8	1.8000E6	5.1886E-9	2.8000E6	2.1443E-9
9.0001E5	2.0753E-8	1.9000E6	4.6568E-9	2.9000E6	1.9990E-9
1.0000E6	1.6810E-8	2.0000E6	4.2028E-9	3.0000E6	1.8679E-9

Так как мощность — это изменение энергии во времени, то выражение мощности, поступающей на приемную катушку, опишется следующим выражением: [20]

$$P(w) = \frac{dW(w)}{dW} d(t).$$

На основании (4.24) построим зависимости энергии и мощности от частоты.

4.9 Практическое применение и внедрение технологии беспроводной передачи энергии

Последним этапом проекта стала фактическая интеграция систем беспроводной передачи энергии с элементами напольного покрытия.

Рисунок 4.12 - Монтирование систем беспроводной передачи

Нетрадиционные сегменты пола с низким возвышением имеют размеры 50 на 50 см и могут иметь высоту 2,5 см, 4 см и 7 см. Поразительным моментом является то, что сегмент чрезвычайно переносим и может использоваться с различными материалами для пола без каких-либо сложных процедур по установке. Крайне важно было интегрировать технологию беспроводной передачи энергии в напольную систему, чтобы сделать ее действительно «умной» и инновационной. На рисунке (4.13) ниже представлены концептуальные чертежи того, что ожидалось в качестве конечного продукта

Рисунок 4.13 - Концепты применения беспроводной передачи энергии

Основная идея помещения заключается в том, что каждый элемент мебели имеет встроенный приемный блок и может свободно размещаться на полу, под которым расположен передатчик (см. рисунок 4.12). В частности,

катушка передатчика может находиться в основании торшера или на ножке стола или быть установлена в полосе розетки. На рисунке 4.13 показаны торшер и концепция динамика, стоящие в сегментах с беспроводным питанием

Важным моментом, который необходимо было учитывать, была простота для конечного пользователя, который должен легко размещать лампу на рисунке 4.14 на желаемом участке пола без необходимости подсоединять какие-либо кабели и который в то же время может быть перемещен в другое место.

Концепция стола с вмонтированной первичной катушкой.

Рисунок 4.14 - Концепт лампы заряжаемой беспроводным путем

Рисунок 4.15 - Демо-стол

Qi-совместимый демонстрационный стол имеет две беспроводные точки зарядки, которые обеспечивают выходную мощность 5 Вт. Этого достаточно, чтобы зарядить аккумулятор телефона, который имеет специальную схему и встроенную катушку или специальный Qi-совместимый чехол. Кроме того, система может освещать небольшие настольные лампы. Основным преимуществом системы является ее мобильность. Один кабель питания к основной розетке необходим для запуска обеих точек беспроводной передачи энергии. Блок передатчика установлен в коробке с 3D-печатью, которая идеально подходит под элемент. Держатель катушки также напечатан на 3D-принтере и выровнен по элементу пола. Питание передатчика осуществляется через подключаемый блок питания 19 В

5 Безопасность жизнедеятельности

Поскольку в системах беспроводной зарядки невозможно исключить электромагнитное излучение, возникает вопрос, насколько эти системы безопасны для здоровья людей и не подвергаются ли люди воздействию больших и потенциально опасных электромагнитных полей при их использовании.

Ведущую роль при разработке норм и рекомендаций относительно допустимых уровней облучения для человека играет Всемирная организация здравоохранения (далее – ВОЗ). Регламентируют нормы и уровни облучения так же региональные и международные организации, создавая спецификации в соответствии с рекомендациями ВОЗ. В числе таких организаций авторитетный Институт инженеров по электротехнике и электронике (IEEE) и Международная комиссия по неионизирующим излучениям (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP). Один из важнейших показателей – это уровень SAR (Specific Absorption Rate – удельный коэффициент поглощения электромагнитной энергии). Он определяет вредное воздействие электромагнитного облучения на человека. А также им определяется энергия электромагнитного поля, поглощаемая в тканях тела человека за одну секунду и вызывающая нагрев тканей. Допустимые значения удельного коэффициента поглощения, рекомендованные Федеральной комиссией связи (Federal Communication Commission, FCC) и комиссией ICNIRP, представлены в таблице 3. Рекомендованные нормы определяют допустимые значения SAR, которые гарантируют отсутствие неблагоприятных последствий для людей, независимо от их возраста и состояния здоровья, при воздействии электромагнитного облучения на разные участки тела.

Основной целью данного дипломного проекта является проведение исследования передачи электроэнергии беспроводным путем. Данная технология на сегодняшний является очень актуальной. Сегодня, практический каждые девайсы такие как мобильные телефоны, планшеты, наушники оснащаются модулем беспроводной зарядки. Для проектирования и

установки таких модулей будут работать разработчики в помещении. Данном разделе дипломной работы я опишу нормы и стандарты по охране здоровья человека, а также расчет путей эвакуации и посчитаю количество огнетушителей в помещение для разработчиков.

Изучение и решение проблем, связанных с обеспечением здоровых и безопасных условий, в которых протекает труд человека - одна из наиболее важных задач в разработке новых технологий и систем проектирования.

Помещение, для которого будут производиться расчёты, представляет собой комнату для разработчиков. Помещение находится на первом этаже здания, которая имеет размеры 5х6х3 метра. В данном помещении расположены рабочий стол, на котором расположен персональный компьютер, необходимый для работы проектировщика. На рисунке 1 показан план помещения. В помещение трудятся разработчик и сборщик.

В таблице 3.1 приведены оптимальные микроклиматические условия согласно ГОСТ 12.0.003-88. ССБТ для физической работы средней тяжести. В помещении оператора в период летнего времени температура повышается до +28°С, температура зимнего периода от +18 до +20°С.

Сравнивая существующие параметры микроклимата операторской и оптимальные микроклиматические условия для работы средней тяжести видно что, в летнее время существует избыток тепла. Таким образом, для поддержания условий микроклимата в помещении оператора, целесообразно оборудовать его системой кондиционирования. Расчеты и описание системы кондиционирования приведены ниже.

Таблица 5.1 − Оптимальные нормы параметров микроклимата

Период работы	Категория работы	Температура, °С	Скорость движения воздуха не более, м/с
Холодный и переходный	II а	18-20	0,2
Теплый	II а	21-23	0,3

5.1 Расчет системы кондиционирования воздуха

Исходные данные:

− персональный компьютер (ПК) мощностью $P_{об}$ = 0,4 кВт/ч;

− α - коэффициент перехода электрической энергии в тепловую, для люминисцентных ламп α = 0,7;

− мощность лампы $N_{осв} = 30$ Вт/м^2;

− $q_{явн}$ - явное тепло от человека для теплого периода – 61 Вт, для холодного периода – 82 Вт;

− $t_в$ - температура внутреннего помещения, 20 ^{0}С;;

− Температура наружного воздуха летом 22^{0}С

− Термература наружного воздуха зимой -26^{0}С

– $V_{пом}$ - объем помещения, 90м^3 (длина – 6, ширина – 5 м, высота – 3 м);
– X_0 – удельная тепловая характеристика, 0,42 Вт/м^3 ^{0}С;
– $К_1$ – коэффициент затемнения остекления деревянными переплетами - 0,65;
– $К_2$ – коэффициент для умеренного загрязнения остекления, 0,9;
– γ – удельная масса приточного воздуха, 1,206 кг/м^3;
– С – теплоемкость воздуха, 0,24 ккал/кг^{0}С.

В помещении серверной находится 2 рабочих места (разработчик и сборщик). Для поддержания необходимого состояния воздушной среды используется система кондиционирования воздуха. Для правильного выбора кондиционера необходимо:

5.1 Расчет тепловых нагрузкок в помещении внутренние и наружные

Рассчитать количество воздуха, необходимого для подачи в помещение; по найденному значению количества воздуха подобрать соответствующую модель кондиционера.

Определим внутренние тепловые нагрузки в помещении. В первую очередь определяем теплопоступления от оборудования. В операторской имеется 3 персональных компьютера (ПК) мощностью 0,4 кВт/ч. Теплопоступления определим по формуле (5.1).

$$Q_{об} = P_{об}\eta, \qquad (5.1)$$

где $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием кВт/ч;

η - коэффициент перехода в помещение тепла, для ПК $\eta = 0{,}86$.

Общая мощность равна

$$P_{об} = 0{,}4(\text{кВт}).$$

Теплопоступления от оборудования

$$Q_{об} = 0,4 \cdot 0,86 = 0,344 кВт.$$

Теплопоступления от ламп определяются по формуле

$$Q_{осв} = \alpha \cdot \mathrm{N}_{\text{осв}} \cdot \beta \cdot \cos\varphi \cdot S, \qquad (5.2)$$

где α - коэффициент перехода электрической энергии в тепловую, для люминисцентных ламп α = 0,7;

cosφ = 0,7;

S – площадь потолка= 30 м^2;

$N_{осв}$ - мощность лампы, хорошего освещения помещений, $N_{осв} = 30$ Вт/м^2.

$$Q_{осв} = 30 \cdot 2 \cdot 0.7 \cdot 0.3 \cdot 30 = 378.8 \text{ (Вт)}.$$

Теплопоступления от людей определим следующим образом

$$Q_л = n \cdot q_{явн} \ , \qquad (5.3)$$

где $q_{явн}$ - явное тепло от человека, принято считать, что женщины выделяют 85 % тепла от нормы тепло выделений взрослого мужчины (положение сидя) для тёплого периода – 86 Вт (при 22 градусов по Цельсию), для холодного периода –100 Вт при 20 градусов по Цельсию

n – количество людей.

На летний период теплопоступления от людей будут равны

$$Q_л = 86 \ .2 = 172 \text{(Вт)}.$$

Также по формуле (5.3) рассчитаем теплопоступления от людей в зимний период:

$$Q_л = 100 \cdot 2 = 200 \text{(Вт)}.$$

Учитывая параметры и расчёты, приведённые в пункте 5.1, определим теплопоступления от солнечного излучения через остекление по формуле

$$Q_p = m \cdot F(q^{I} + q^{II})\beta \cdot K_1 \cdot K_2, \qquad (5.4)$$

где m - количество окон в помещении 2.

F - пло щадь о ко н, F = 2,5 м2;

β- коэффициент тепло пропускания для штор и жалюзи - 0,15 (таблица 4 в [1]);

q^{I}, q^{II} - тепловые потоки от прямой и рассеянной радиации Вт/м^2, принимаются для расчетного часа суток в зависимости от географической широты, равны соответственно для Ю – 288 и 85 (таблица 5 в [1]);

K_1 – коэффициент затемнения остекления деревянными переплетами - 0,65.

K_2 – коэффициент для умеренного загрязнения остекления, 0,9 (таблица 7 в [1]).

$$Q_p^{Ю} = 2 \cdot 2,5 \cdot 0,15 \cdot 0,65 \cdot 0,9 \cdot (288 + 85) = 0.163, кВт.$$

Теплопоступления и тепло потери в результате разности температур

$$Q_{отд} = V_{пом} \cdot X_0 \cdot (t_в - t_н) \qquad (5.5)$$

где $t_в$ – температура внутреннего помещения, 20 ^{0}С;

$t_н$ – наружная температура воздуха, (-26)^{0}С; Зимой

$t_н$ – наружная температура воздуха, (22)^{0}С; Летом

$V_{пом}$ – объем помещения, м^3 (длина – 6, ширина – 5 м, высота – 3 м);

X_0 – удельная тепловая характеристика, 0,42 Вт/м^3 ^{0}С

$$Q_{отд} = 6*5*3 \cdot 0,42 \cdot (20 - (-26)) = 1,738,8(кВт)$$ Для зимы.

$$Q_{отд} = 6*5*3 \cdot 0,42 \cdot (20 - 22) = -0,075(кВт)$$ Для лета.

Определим тепловой баланс в помещении

$$Q_{изб} = Q_{об} + Q_{осв} + Q_л + Q_р - Q_{отд}\ , \qquad (5.6)$$

Для летнего периода тепловой баланс равен:

$$Q_{изб\ летн} = 0,344 + 0,378 + 0,172 + 0,163 + 0,075 = 1,132(кВт)$$

Для зимнего периода

$$Q_{изб.зимн} = 0,344 + 0,378 + 0,2 + 0,163 - 1,731 = -0.646(кВт)$$

Теплонапряженность воздуха

$$Q_н = \frac{Q_{изб} \cdot 860}{V_п} \qquad (5.7)$$

$Q_н \leq 20$ ккал/м^3 $\Rightarrow$ $\Delta t = 6$ ^{0}С;

$Q_н \succ 20$ ккал/м^3 $\Rightarrow$ $\Delta t = 8$ ^{0}С.

Учитывая, что $Q_{изблет} \succ Q_{избзим}$, то для расчёта будем использовать $Q_{изб}$ для летнего периода:

$$Q_н = \frac{1{,}132 \cdot 860}{90} = 10.8 \quad (\text{ккал/м}^3)$$

Так как $Q_н$ = 10.8 ≤20 ккал/м^3 → Δt = 6 ^{0}С.

Количество тепла, необходимого для поступления (удаления) воздуха в помещение.

$$L = \frac{(Q_{изб} \cdot 860)}{c \cdot \Delta t \cdot \gamma} \quad (\text{м}^3)$$

где С – теплоемкость воздуха, 0,24 ккал/кг^{0}С;

Δt - выбираем в зависимости от теплонапряженности воздуха $Q_н$;

γ- удельная масса приточного воздуха, 1,206 (кг/м^3).

$$L = \frac{(1.132 \cdot 860)}{0,24 \cdot 6 \cdot 1,206} = 560 \quad (\text{м}^3/\text{ч}).$$

Определяем кратность воздухообмена по следующей формуле

$$n = \frac{L}{V_n},$$

$$n = \frac{560}{90} = 6,2(ч) .$$

По рассчитанному значению расхода воздуха выбираем один настенный кондиционер фирмы GREE GWH18ACC для помещений до 30М2

Управление работой настенного кондиционера производится с дистанционного пульта, который позволяет задать режим работы кондиционера: обогрев, охлаждение, осушку, вентиляцию, ночной режим; задать требуемую температуру, которую должен поддерживать автоматически; выбрать режим работы кондиционера: настроить таймер, который включит или выключит кондиционер в заданное время; автоматически регулировать положение направляющих шторок и изменить, таким образом, направление воздушного потока.

Приведем его параметры:

— электрическое питание: 220/240/50;
— расход воздуха внутреннего блока: макс. – 650м3/ч;
— потребляемая электрическая мощность: 2100/2600Вт;
— удаление влаги(max): 2,2 л/4;
— производительность по теплу: 5,3К Вт;
— размеры: высота – 790 мм, ширина – 275, глубина – 200.

— Работа на обогрев- до 10 градусов производительность по холоду: 4,8КВт;

—Хладагент R410A;

—Уровень шума 56дБ.

Расположение кондиционера приводится на рисунке 6.1.

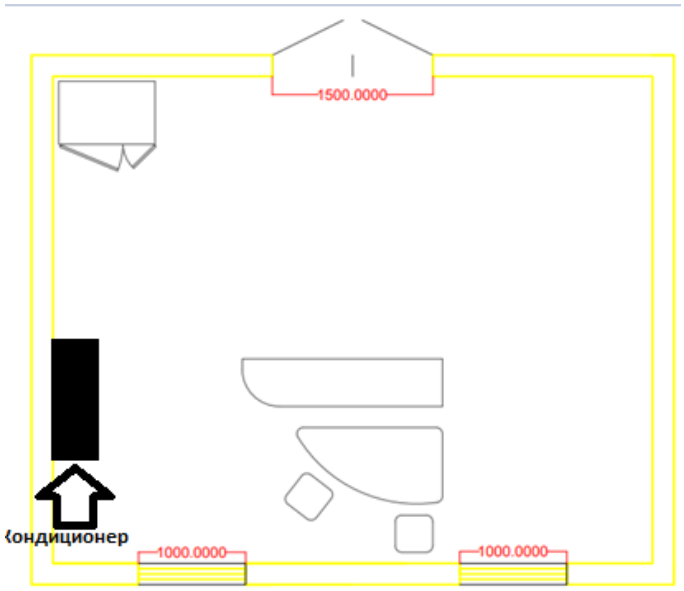


Рисунок 5.1 – План помещения

Вывод: согласно расчётам, для создания удовлетворительного климата и обеспечения благоприятных условий воздушной среды в операторской подходит кондиционер сплит-системы. Преимуществом таких кондиционеров является относительная простота конструкции, позволяющая получить достаточно низкую стоимость при быстрой и легкой установке кондиционера.

5.2 Система пожаротушения

Одним из важных факторов для защиты людей от пожара, является система пожаротушения, которую я рассчитал согласно ГОСТ 12.3.046-91.

Автоматическое пожаротушение подразумевает под собой наличие средств предупреждения пожара, устройств обнаружения пожара, сигнализации и средств пожаротушения. Совокупность перечисленных средств, установленных специалистами-пожарниками, позволяет считать данный комплекс системой автоматического пожаротушения. При этом роль человека сводится к проведению перманентных диагностических работ и замене средств пожаротушения по истечению сроков годности.

Разрабатываемая система автоматического пожаротушения применена в комнате. В данном зале располагаться электронное оборудование, кросс и место оператора. Опасность возгорания истекает только от попадания постороннего напряжения на платы, или же прохождение токов высоких номиналов по проводникам, что вызовет возгорание изоляции. Учитывая тот момент, что оборудование весьма дорогостоящее и критичное к прямому

попаданию воды и соли, то автоматическая система пожаротушения должна использовать соответствующие огнетушащие вещества и иметь высокий уровень надежности.

Применение системы автоматического пожаротушения (САП) основано на использовании установки газового пожаротушения, что позволит снизить материальные потери. САП газового пожаротушения использует следующие вещества:

– двуокись углерода;
– хладон 114В(2) / тетрофтордибромэтан;
– хладон 13В(1) / бромтрифторметан;
– комбинированный углекислотно-хладоновый состав;
– азот;
– аргон.

Тип САП и огнетушащие вещества выбираются с учётом пожарной опасности и физико-химических свойств, а также в зависимости от принадлежности помещения по СниП.

САП должна отвечать следующим требованиям:

– дистанционное и местное включение;
– выполнять функции пожарной сигнализации;
– соответствовать требованиям помещения, где установлена САП.

5.3 Расчет автоматического пожаротушения

Для противопожарного автоматического пожаротушения будет использоваться

Углекислотная система для предотвращения выхода из строя вычислительных систем и индукционных катушек беспроводной передачи электроэнергии.

Исходные данные:

– k_6 - коэффициент компенсации не учитываемых потерь состава, $k_{6=}1,13$;

– gn - нормативная массовая концентрация состава – 0,27 кг/м;

– $V_{пом}$ - объем помещения, 90м^3;

– k_7 – коэффициент увеличения длины трубопровода для компенсации не учитываемых местных потерь, $k_{7=}1,2$.

В данном случае необходимо выбрать соответствующую САП, пригодную для применения в условиях наличия установок, находящихся под напряжением и в закрытом помещении.

Наиболее часто используемые газовые САП в нашем случае, это:

– установки объёмного пожаротушения;
– установки локального пожаротушения по площади;
– установки локального пожаротушения по объёму.

При САП локального пожаротушения по объёму используют двуокись углерода и хладон 114В(2), а при САП локального пожаротушения

по площади используют двуокись углерода.

Способ запуска САП может быть электрическим или пневмоэлектрическим. Выбираем систему с электрическим пуском.

В составе САП необходимо предусмотреть полный резерв по оборудованию и запасу огнетушащих веществ.

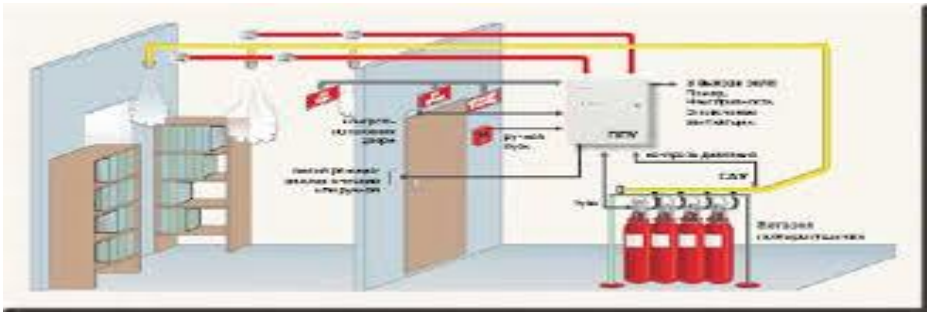


Рисунок 5.2 – Принцип работы системы автоматических установок газового пожаротушения (АГП)

При обнаружении пожара с помощью пожарных извещателей 1 (в автоматическом режиме) или, при нажатии кнопки дистанционного пуска 2 обслуживающим персоналом, приемно-контрольный прибор 3 включает внутренние средства оповещения (све товой 4 и звуковой 5), передает сигнал тревоги на пульт диспетчера и, по истечении времени задержки, соответствующему данному объекту, срабатывает запорно-пусковое устройство модуля 6.

Газовый огнетушащий состав (ГОС) поступает в защищаемый объем через распыляющие устройства (насадки) 7. При поступлении ГОС в распределительный трубопровод срабатывает сигнализатор давления (СДУ) 8, ПКП отключает внутренние и включает внешние средства оповещения.

В качестве огнетушащих веществ могут использоваться двуокись углерода, азот, аргон и их смеси. Для этих модулей используются баллоны вместимостью 25, 40, 80 и 100 л с рабочим давлением 15,0 МПа.

Расчетная масса комбинированного углекислотно-хладонового состава md кг, для объемного пожаротушения определяется по формуле

$$md = k6 \times gn \times V\,. \qquad (5.8)$$

где k_6 - коэффициент компенсации, $k_{6=}1{,}13$;

gn - нормативная массовая концентрация состава – 0,27 кг/м, при времени заполнения помещения – 30с, и 0,4 кг/ м^3,при времени заполнения помещения , равном 60;

V - объём защищаемого помещения (м^3).

md=1,13*0,27*90 =27,45 (кг).

Рисунок 5.3 – Модули для автоматического пожаротушения

Расчетное число баллонов ξ_2 определяется из расчета вместимости в 50-литровый баллон 25 кг углекислотно-хладонового состава (огнетушитель ОУ-25)

Количество баллонов –2 (25кг).

Внутренний диаметр магистрального трубопровода d_i, мм, определяется по формулое

$$di = d1 \times \sqrt{\xi 2}, \quad (5.9)$$

где d_i – диаметр сифонной трубки баллона, мм;

ξ_2 – число одновременно разрежаемых баллонов.

$d_i = 10*\sqrt{2} = 14{,}2$ мм.

Эквивалентная длина магистрального трубопровода l_2, м, определяется по формуле:

$$l2 = k7 \times l, \quad (5.10)$$

где k_7 – коэффициент увеличения длины трубопровода для компенсации неучитываемых местных потерь, k_7=1,7;

l - длина трубопровода по проекту, l=80 м.

$$l_2 = 1{,}7 \times 80 = 136 \text{ (м)}.$$

Площадь сечения выходного отверстия оросителя определим по формуле , м3

$$A_3 = S/\xi_1 \quad (5.11)$$

где S - площадь сечения магистрального трубопровода, мм^2;

ξ_1 - число оросителей.

$$A3 = 90/6 = 15 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Расход углекислотно-хладонового состава Q, кг/с, зависит от эквивалентной длины и диаметра трубопровода, Q=0,8 согласно графику для определения расхода углекислотного-хладонового состава.

Расчетное время подачи углекислотно-хладонового состава t, мин, опредется по формуле

$$t = md \div 60 \times Q, \quad (5.12)$$

$$t = 27{,}45 \div 60 \times 0{,}8 = 0{,}571 \text{ (мин)}.$$

Масса основного запаса углекислотно-хладонового состав m, кг, определяется по формуле

$$m = 1{,}1 \times md \times (1 + k8 \div k6). \quad (5.13)$$

где k_8 – коэффициент, учитывающий остаток углекислотно-хладонового состава в баллонах и трубопроводах, k_8=0,2.

$$m = 1{,}1 \times 27{,}45 \times (1 + 0{,}2 \div 1{,}13) = 35{,}5 \text{ (кг)}.$$

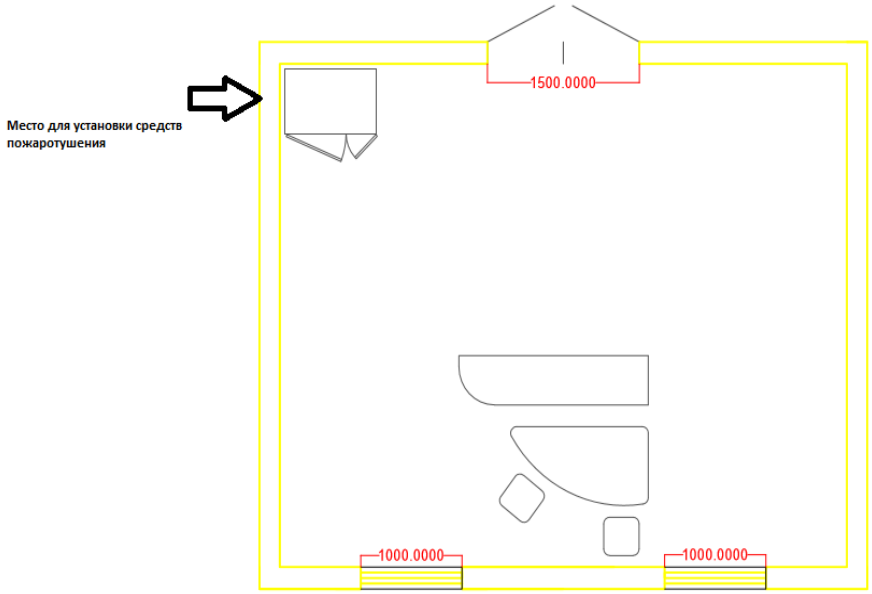


Рисунок 5.4 – Место для установки систем кондиционирования.

5.4 Расчет путей эвакуации

В случае чрезвычайной ситуации безопасная эвакуация вовремя может стать одним из важнейших способов сохранить жизни людей.

Эвакуация людей при пожаре из помещения или здания может считаться успешной если время эвакуации людей даже из самых отдаленных частей здания будет меньше времени самого пожара.

$$D_0 = \frac{f}{D_1 a} \text{ и } D_F = \frac{D_0}{f},$$

5.5 Расчет допустимой продолжительности эвакуации при пожаре

Высокие температуры, понижение процента кислорода в воздухе и уменьшение видимости в связи с задымлением помещения.

Для начала нужно определить время, за которое помещение станет невозможным для нахождения. Это время зависит от многих параметров помещения таких, как

$W_{пом}$ – объем воздуха в рассматриваемом здании или помещении, м^3;

c – удельная изобарная теплоемкость газа, кДж/кг-град;

t_{Kp} – критическая для человека температура, равная 70°С;

t_H – начальная температура воздуха, °С;

φ коэффициент, характеризующий потери тепла на нагрев конструкций и окружающих предметов принимается в среднем равным 0,5;

Q – теплота сгорания веществ, кДж/кг, (приложение В);

f – площадь поверхности горения, м^2;

n – весовая скорость горения, кг/м^2-мин (приложение В);

v – линейная скорость распространения огня по поверхности горючих веществ, м/мин (приложение Г).

$$t = \sqrt{\frac{90\times1005\times(70-22)}{(1-0.5)\times3.14\times13800\times14\times0.1296}} = \frac{4341600}{39310} = 4.79 \text{ (минуты)}.$$

Т.е. помещение для разработчиков с мебелью после пожара достигнет температуры 70 градусов за 287,8 секунды. За это время 2 рабочих должны будут либо потушить пожар, либо срочно покинуть помещение.

5.6 Расчет времени эвакуации

Расчет времени эвакуации определяется путем сложения времени задержки начала эвакуации и времени людского потока в помещении.

Время задержки начала эвакуации рассчитывается с помощью таблицы в приложении Д и равно меньше одной минуты.

Время расчета людского потока вычисляют по формуле

$$t = \frac{L1}{V1},$$

где L1 длина участка, а V1 скорость людского потока.

$$D1 = \frac{N1\times f}{L1\times b1} = \frac{2\times0.1}{5\times6} = 0{,}0066.$$

Согласно приложению, таблице в приложении Е

V равно 100м/мин.

Значит время людского потока составляет

$$\frac{6}{100}=0{,}06 \text{ (мин).}$$

что равно примерно 3,6 секунды.
Принимая во внимание вышеперечисленные расчеты
Время эвакуации из помещения составит 1 минуту и 3,6 секунды.

5.7 Вывод

ГОСТ 12.3.046 является одним из значительных параметров по которым был сделан данный расчет систем пожаротушения. Для систем автоматического пожаротушения была взята углекислотная пожарная система для сохранения работоспособности вычислительных систем и оборудования, а также данных находящихся в помещении. В ходе выполнения данной работы было выяснено, что помещение отлично подходит для работы легко и средней тяжести по таким параметрам как вентиляция и микроклимат.

6 Экономическое обоснование дипломного проекта

При выборе стратегии производства можно пойти двумя путями. В первом случае – это начинать разработку всех компонентов, деталей и частей самостоятельно, не используя некоторые готовые решения и компоненты. Во втором случае разработка выполняется с использованием готовой элементной базы. Целесообразно пойти вторым путём, т. к. для собственного производства электронных компонентов нужны значительные производственные мощности

6.1 Подсчет расходов

Таблица 6.1 - Стоимость компонентов первичной катушки

Наименование компонента	Стоимость с тенге
Медная проволока	21
Транзистор	162
Резистор	6
Резистор	6
Корпус	300
Интегральная схема	100
Плата DIY	720
Диод	24
Конденсатор NPO	18
Конденсатор X7R	42

Таблица 6.2 - Стоимость компонентов вторичной катушки

Наименование компонента	Стоимость тенге
Медная проволока, 25 витков	3
Стабилизатор	48
Конденсатор	49
Диод	14

Таблица 6.3 - Стоимость помещения 400 м2

Расходы	Стоимость в тенге
Инструменты и оборудование для сборки	3 000 000,00
Помещение	240 000*12=1 440 000,00
Обустройство рабочих мест	1 800 000,00

Таблица 6.4 - Стоимость рекламы и продвижения в социальных сетях

Название расхода	Стоимость в тенге.
Создание сайта-визитки в интернете	100 000,00
Создание продающего блога в инстаграме	бесплатно
Продвижение в инстаграме	4000 за один пост.

Таблица 6.5 - Стоимость регистрации как индивидуального предпринимателя.

Наименование	Стоимость в тенге
Регистрация ИП	5000
Взнос в ЕНПФ за год.	112000
Взнос в фонд мед.страхования за год.	20000

В общем взяв во внимание НДС 12% стоимость всех компонентов на одно устройство составляет

$$1513 \times 1{,}12 = 1695 \text{ (тенге)}.$$

Расходы, которые понесет ИП за аренду, рекламное продвижение и создание ИП за один год

$$6\,481\,000 \times 1{,}12 = 7\,258\,720 \text{ (тенге)}$$

6.2 Расчет годового фонда оплаты труда

Фонд оплаты — труда- это все расходы, которые несет компания на выплату заработной платы работникам, в низ входит также премии, пенсионные начисления, страховые взносы и компенсации.

В нашем предприятии будут трудиться 3 инженера-разработчика.

ФОТ за месяц равен произведению средней заработной платы на количество работников.

$$150\,000 \times 3 = 450\,000 \text{ (тенге)}.$$

Годовой фонд оплаты равен

$$450\,000 \times 12 = 5\,400\,000 \text{ (тенге)}.$$

Расчет амортизационных отчислений

Амортизация- это плановый перенос стоимости объекта по мере его износа на себестоимость выпускаемой продукции. Для погашения износа предприятие должно производить амортизационные отчисления.

Таблица 6.6 - Вычисление материальных расходов

Виды основных фондов	Стоимость основных фондов в тенге	Норма амортизации 10%	Годовая амортизация в тенге
Оборудование для сборки	3 000 000,00	10	30 000
Обустройство рабочих мест	1 800 000,00	10	18 000

К материальным расходам можно отнести

—стоимость электроэнергии для производства беспроводных зарядных устройств;

— стоимость запасные части устройства и на материалы для их починки.

Во время использования инструментов для сборки беспроводных индукционных зарядных устройств, а также вся мебель рабочих такие как столы, персональные компьютеры и периферия могут выйти из строя. Из-за этого, нужно иметь возможность вовремя ее починить или заменить. Конечная стоимость затрат зависит от многих факторов, таких как цены, количества деталей в остатках, времени работы и сроку службы.

В этом случае материальные затраты нужно вычислять с помощью измерителя равного 6% от полной стоимости оборудования.

$$7\,258\,720 \times 0{,}06 = 435523{,}2 \text{ (тенге)}.$$

В добавок, нужно принять во внимание, что неописанные выше расходы составляют около 10% в окончательной сумме материальных затрат.

$$435523{,}2 \times 0{,}1 = 43552 \text{ (тенге)}.$$

В конечном счете окончательная сумма материальных затрат составляет

$$435532 + 43552 = 479084 \text{ (тенге)}.$$

6.3 Затраты на электроэнергию

Мощное оборудование на производстве будет нуждаться в большом количестве электроэнергии. Расходы на электроэнергию определяются по виду оборудования, их мощности и текущим тарифам на электроэнергию.

$$\text{Ээл} = \text{Ц}t \times \sum^{k} P\text{пот} \times Ni$$

где $Э_{эл}$ это затраты на электроэнергию.;

Ц- это текущий тариф на электроэнергию, В Казахстане для нашего предприятия равен 13 (тенге) за 1кВТ/ч.

$P_{пот}$- потребляемая мощность оборудования, что примерно 10 (кВт/ч).

t-это время которое оборудование работает,

Ni-количество оборудования на производстве, на нашем предприятии их3.

$Э_{эл}$ =3335400 (тенге).

Страховые взносы составляют около 30% =1620000 (тенге)

6.4 Прочие расходы

К прочим расходам можно отнести:

—аренду производственного помещения;

—транспортные расходы;

—страхование имущества.

Остальные затраты составляют около 15% в структуре всех эксплуатационных затрат.

$$(5\,400\,000 + 1\,620\,000 + 48\,000 + 479\,084 + 3\,335\,400) \times 0{,}15 = 1\,632\,372 \text{ (тенге)}.$$

Значит, сумма всех эксплуатационных затрат равна

$$5400000 + 162000 + 48000 + 479084 + 3335400 + 1632372 = = 12514856 \text{ (тенге)}.$$

6.5 Оценка экономической эффективности инвестиций.

Отношение затраченного труда и ресурсов к полученному эффекту называется экономической эффективностью инвестиций.

Статистические и динамические показатели предприятия используются для установления инвестиционной эффективности.

По причине того, что в данная дипломная работа рассчитывает эффективность инвестиционных вложений, расходы определяются сложением всех возможных затрат на осуществление и старт производства, а результатом производства будет прибыль, которая она принесет. Т.е. для определения абсолютной инвестиционной эффективности нужно выяснить выручку за год.

Чистая прибыль на первый год рассчитывается по формуле:

$$П = Вод - Э.$$

где $В_{од}$- это выручка от основной деятельности, а Э это эксплуатационные расходы.

Самая низкая возможная цена приемного модуля 3300 (тенге).

Минимальная цена работающего передатчика 6000 (тенге).

Обязательно нужно иметь в виду, что готовые принимающие модули установлены только на самые новые линейки смартфонов, например, Iphone 11, Samsung S10, Huawei P40. Поэтому данный способ зарядки будет актуален для многих моделей смартфонов.

Себестоимость устройства составляет 1513 (тенге). Если устройство будет продаваться ниже рыночной цены по цене 6000 за оба модуля, то прибыль составит 4487 (тенге). Что с учетом НДС 12% составит 4006 (тенге).

Опираясь на данные соц. опроса количество желающих опробовать беспроводную зарядку среди покупателей разного гендера, возраста и социального положения довольно высоко и составляет около 20%.

Что означает, что количество возможных покупателей и клиентов только в черте города может составить

$$1\,777\,000 \times 0{,}2 = 355\,400 \text{ (человек)}$$ (согласно данным за 2019 год).

В случае успешной рекламной политике и продвижению в социальных сетях, можно привлекать около 40 клиентов в день, что примерно совпадает примерно с тем количеством которое наша команда может установить в телефоны. Если команда будет состоять из трех человек и будет работать по 8 часов в день.

Если принять во внимание график работников 2/2,количество рабочих дней в году за вычетом государственных праздников, больничных и отпусков, то мы имеем

$$365 \div 2 - 14 - 28 - 10 = 130 \text{ (дней).}$$

рабочих дней в году с тремя рабочими на предприятии.

В год, эти три работника смогут установить и продать

$$130 \times 40 = 5200 \text{ (штук).}$$

Значит, Вод за первый год составит

$$5200 \times 4006 = 20\,831\,200 \text{ (тенге).}$$

Эксплуатационные расходы равны 12 514 856 тенге.

Прибыль равна за первый год равна

$$20\,831\,200 - 12\,514\,856 = 8\,316\,344 \text{ (тенге).}$$

Посчитаем период окупаемости проекта.

$$\text{Т} = 1 \div \text{Е}.$$

где Е- это абсолютная экономическая эффективность.

$$\text{Е} = (\text{Д} - \text{Э}) \div \text{К} = \text{П} \div \text{К},$$

где К-это общие капитальные вложения.

$$\Sigma\text{К} = \text{Ко} + \text{Кс} + \text{Км} + \text{Ктр},$$

Капитальные инвестиции в оборудование составляют 3 миллиона (тенге).

На обустройство рабочих мест 1.8 миллиона (тенге)

Аренда помещения 1 440 000 тенге.

Что в общем итоге составляет 6 240 000 (тенге).

Абсолютная экономическая эффективность равна

$$8\,316\,344 / 6\,240\,000 = 1{,}33.$$

Значит, срок окупаемости проекта составляет 0,75 года.

6.6 Заключение по экономической части

В данной работе был реализован технико-экономический проект разработки внедрения системы беспроводного зарядного устройства. Необходимый штат работников для контроля работы оборудования – 3 человека в первый год функционирования предприятия, данное число работников можно назвать недостаточным количеством, при хорошей

возможности получать большую прибыль, увеличив штат сотрудников, но предположим, что мы располагаем не очень большим по меркам бизнеса капиталом. После экономического расчета параметров данного проекта можно сделать следующие выводы: при оценке эффективности инвестиций реализуемый проект отвечает условиям эффективности инвестиционных вложений. Срок окупаемости проекта сети менее одного года, с хорошим «выходом» на прибыль (в сравнении со средней зарплатой по городу Алматы что весьма неплохо для подобного рода деятельности. Однако, при оценке динамической показателей эффективности вложений с учетом инфляции, и появления конкурентов в данной отрасли рынка, эффективность предприятия может существенно снизиться. Можно сделать вывод, что проект, в принципе, самодостаточен и годен для реализации в реальных условиях, но рационально будет развертывать его только в условиях с относительно стабильной экономикой, соответственно с минимальным риском, невысокой инфляцией и минимальной ставкой рефинансирования банком. В иных случаях следует предусмотреть возможности привлечения новых денежных средств для повышения рентабельности проекта.

Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе проведено изучении технологии беспроводной передачи энергии между двумя катушками. Несмотря на то что, данная технология в Казахстане не имеет должно уровня исследования и описания, она является перспективной в развитии интеллектуальных систем.

В первом разделе рассмотрены основные методы беспроводной передачи энергии, основные преимущества и недостатки. Немало важную роль играет применение каждого из этих методов в реализации в повседневной жизни, будто это промышленная сфера или наукоемкая отрасль.

Наиболее перспективным методом изучения беспроводной передачи энергии является метод электромагнитной индукции при условии возникновения резонанса между индуктивно связанными контурами. Установлено, что индуктивно-связанные контура могут иметь сильную или слабую связь, которая характеризуется коэффициентом связи k, зависящим от геометрии катушек, их конфигурации и взаимного расположения. Установлено, что важным свойством индуктивно связанных цепей является их добротность, которое характеризует «избирательные свойства цепей». Чем больше добротность контура, тем лучшей селективностью обладает контур. В работе рассматривается система, имеющая слабую связь контуров, когда величина kQ

Для моделирования беспроводной передачи энергии использовался программный пакет Comsol Multiphysics, основанный на методе конечных элементов, с целью выявления основных параметров передающей и приемной катушки в зависимости от диапазона частот. Т.к. моделирование проходило в высокочастотном диапазоне, учитывалось явление скинэффекта. По результатам моделирования, видно, что при увеличении частоты 47 плотность распределения тока у поверхности катушки возрастало и не охватывало основную часть поперечного сечения проводника. Для вычисления в частотном диапазоне индуктивности и активного сопротивления катушки построены поля вектора магнитного потенциала A для разных конфигураций катушек по уравнению Гельмгольца. Погрешность при расчете индуктивности экспериментальным и аналитическим путем составляет меньше 2%, что свидетельствует о правильности расчетах. Таким образом, создан алгоритм, позволяющий моделировать электромагнитные поля и проводить сложные вычисления параметров катушек при учете их сложной конфигурации и взаимного расстояния между ними.

На заключительном этапе работы проведены исследования по передаче энергии с передающей катушки на приемную катушку, в результате чего получили график, на котором четко прослеживается максимум передаваемой мощности в приемную катушку при резонансной частоте.

Расчет резонансной частоты, проведенный в разделе 2, удовлетворительно совпал с резонансной частотой при максимальной передаче мощности. Работа требует дальнейших исследований для сведения ошибки к минимуму. Так как методика по определению передаваемой мощности беспроводным путем еще до конца не исследована, стоит отметить важность проведения данных исследований, т.к. век высоких технологий переживает бурную революцию, как за рубежом, так и в Казахстане.

Список литературы

1 Запасный А.И. Основы теории цепей: Учебное пособие. – М.: РИОР, – 2006. – 336 с. – (Высшее образование).

2 http://www.tfcbooks.com/tesla/1904-03-05.htm

3 . W. C. Brown, IEEE Trans. Microwave Theory Tech. 32, 1230–1242 (1984).

4 Yan Wang, A view of research on wireless power transmission.2,

5 .https://nsportal.ru/ap/library/nauchno-tekhnicheskoe-tvorchestvo/2019/11/29/issledovatelskiy-proekt-na-temu

6 *Шамиль Гареев*. “Электричество //Великая Эпоха 12 июня 2007 года.

7 Беспроводная зарядка аккумуляторов электроавтомобилей // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. по мат. XXXVII междунар. студ. науч.-практ. конф. № 10(36).

8 https://sibac.info/studconf/tech/xxxvii/43964

9 Беспроводное будущее зарядных устройств. [Электронный ресурс] URL: http://compress.ru/article.aspx?id=20424 (дата обращения: 18.03.2020).

10 Зевеке Г.В. Основы теории цепей: Учебник для вузов / Г.В. Зевеке, П.А. Ионкин, А.В. Нетушил, С.В. Страхов. – 5-е изд., перераб. – М: Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.: ил

11 J. J. Schlesak, A. Alden, and T. Ohno, “A Microwave Powered High Altutude Platform,” in Proc. of IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, New York, NY, May 1988

12 B. Strassner and K. Chang, “Microwave Power Transmission: Historical Milestones and System Components,” Proceedings of the IEEE, vol. 101, no. 6, pp. 1379-1396, June 2013

13 Введение в Comsol Multiphysics 5.2. [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://www.comsol.ru

14 Тамм И.Е. Основы теории электричества. –М.: Физматлит, 2003. – 616 с.

15 Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика Т. 2: Теория поля. – М.: Наука, 2001. – 533 с.

16 Калантаров П.Л. Расчет индуктивностей: Справочная книга / П.Л. Калантаров, Л.А. Цейтлин. – 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1986. – 488 с.: ил.

17 Технология беспроводной зарядки: принцип действия, стандарты, производители. [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://www.russianelectronics.ru

18 Способ дистанционного энергопитания электронного носителя информации и устройство для его реализации [Электронный ресурс] URL: http://www.findpatent.ru/patent/221/2210814.html (дата обращения: 17.04.2016).

19 Беспроводная зарядка для телефона своими руками [Электронный ресурс] URL: http://allhe.ru/publ/svoimi_rukami/ehlektronika/

besprovodnaja_zarjadka_dlja_telefona_svo imi_rukami/2-1-0-410 (дата обращения: 25.04.2020).

20 Анализ финансового состояния предприятия [Электронный ресурс] URL: http://afdanalyse.ru/publ/operacionnyj_analiz/analiz_sebestoimosti /analiz_prjamyk h_materialnykh_zatrat/35-1-0-312 (дата обращения: 05.05.2016).

Приложение А

Список принятых сокращений

АКБ — Аккумуляторная батарея
ГУН — Генератор, управляемый напряжением
ИС — Интегральная схема
КМДП — Комплементарная структура металл-оксид-полупроводник
КМОП — Комплементарная структура металл-оксид-полупроводник
КПД — Коэффициент полезного действия
ПК — Персональный компьютер
СВЧ — Сверхвысокие частоты
УВЧ — Ультравысокие частоты
ФАПЧ — Фазовая автоподстройка частоты
ФОТ — Фонд оплаты труда
ШИМ — Широтно-импульсная модуляция
ЭДС — Электродвижущая сила
A4WP — Alliance for Wireless Power
MI — Magnetic Induction
MR — Magnetic Resonant
PMA — Power Matters Alliance
RFID — Radio Frequency IDentification
USB — Universal Serial Bus
WPC — Wireless Power Consortium

Приложение Б
Схема передатчика

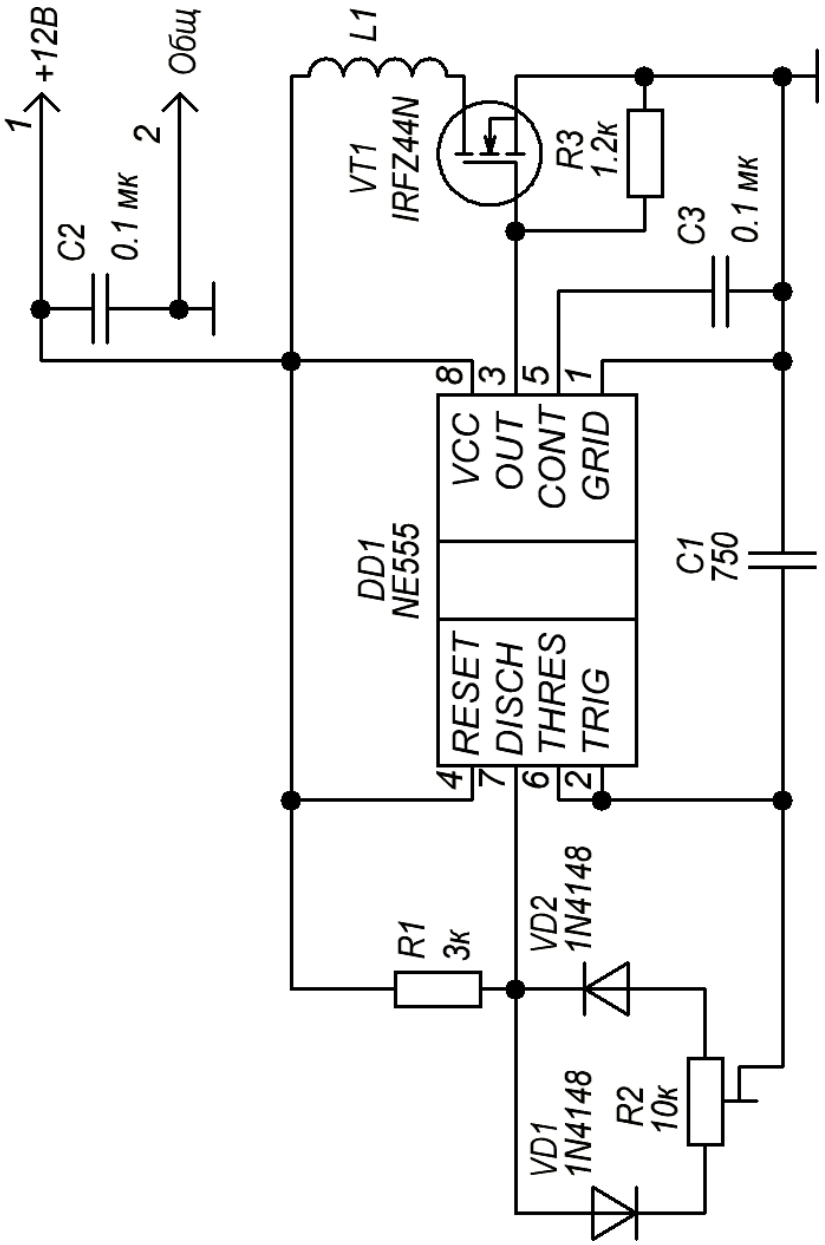


Рисунок Б 1 – Схема передатчика

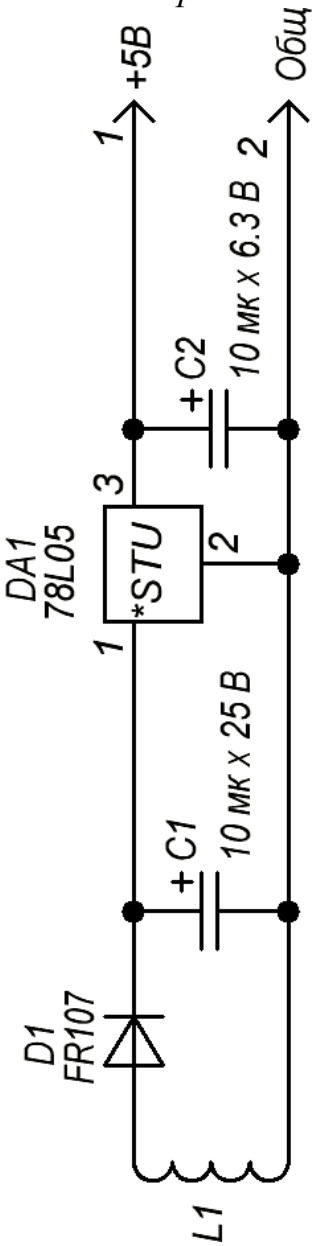
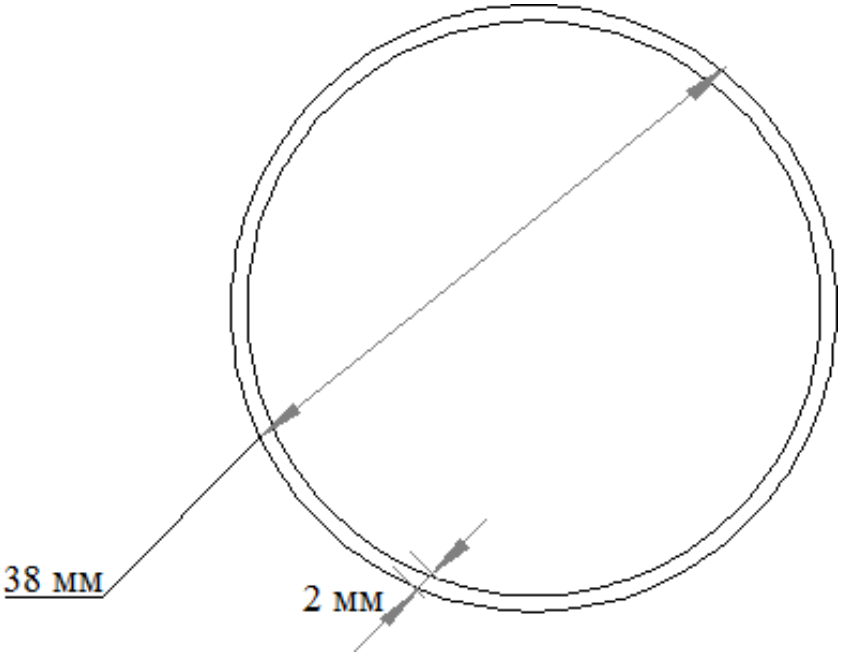


Рисунок Б2 - Схема приемника

Приложение В
Схема катушек индуктивности приёмника и передатчика



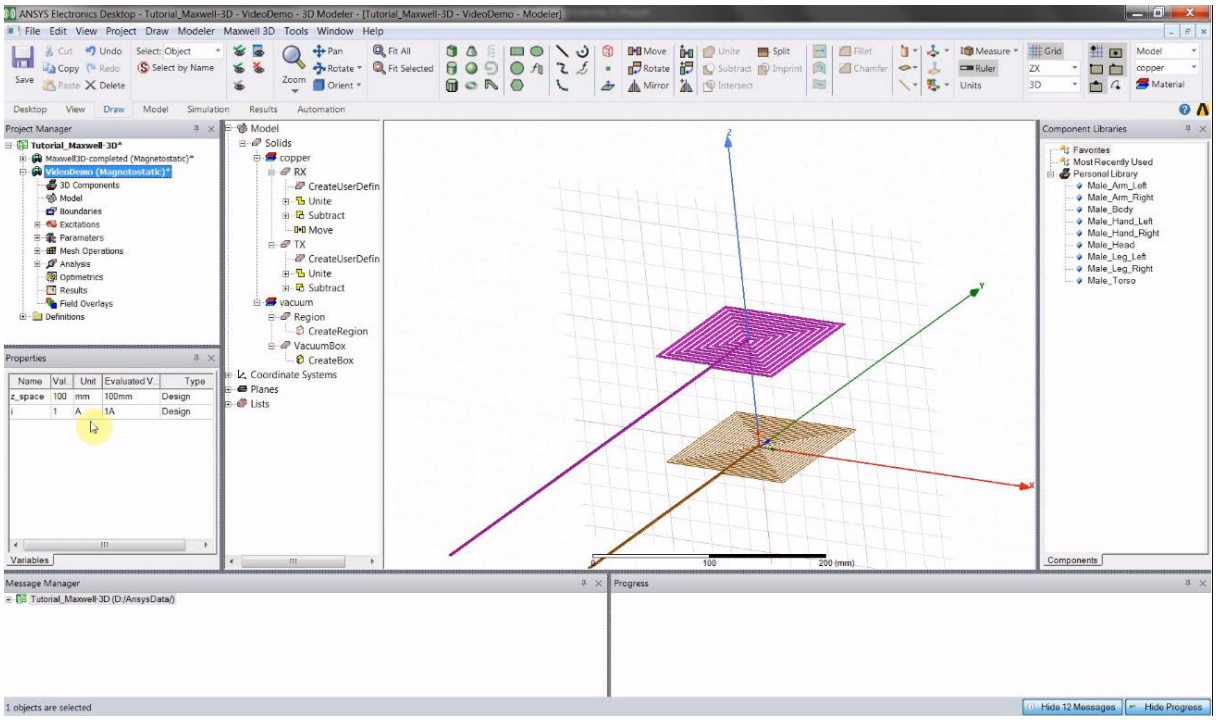


Рисунок В 1 - Программа 3D Maxwell simulator

Работа на программе Comsol Multiphysics

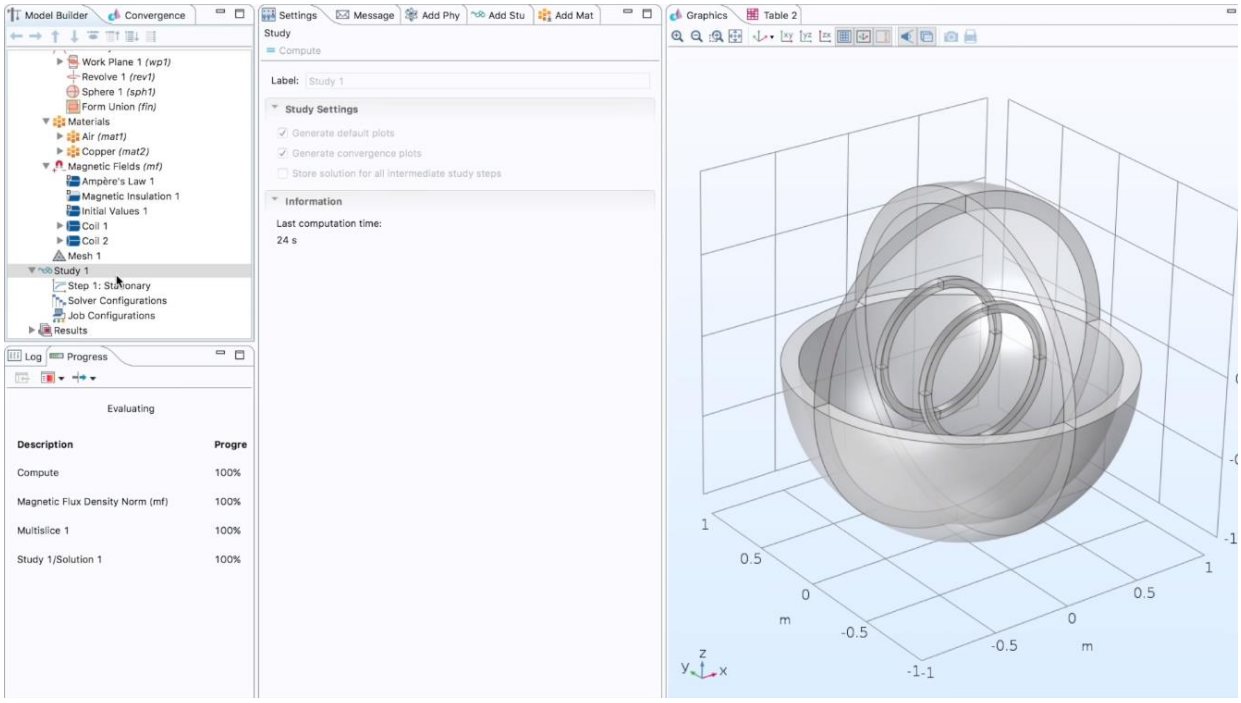


Рисунок В 2 – Моделирование двух катушек в программе COMSOL.

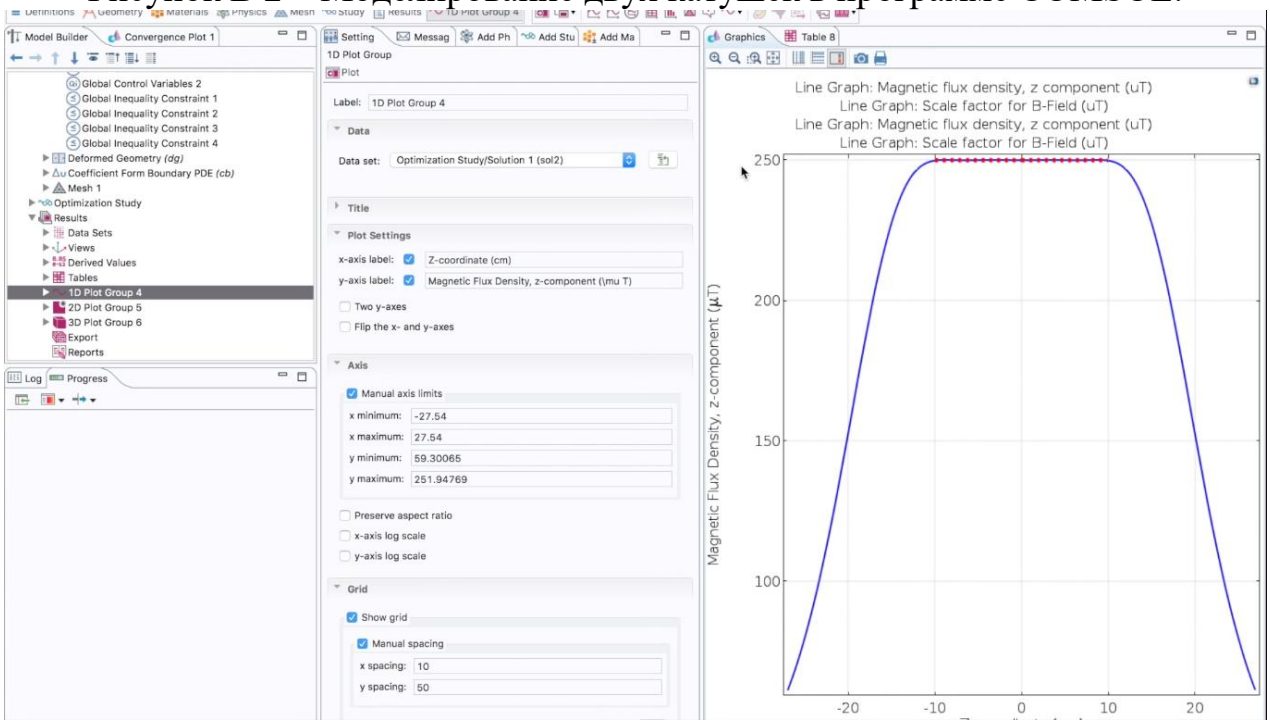


Рисунок В 3 – Расчет эффективности передачи