

Беспроводная зарядная станция

Выполнил:

Потявин Кирилл,
МБОУ ДО «Районный Дом
детского творчества», ДТО
«Лаборатория современных
идей»

Руководитель:

Баранов Станислав Игоревич,
педагог дополнительного образования
МБОУ ДО «Районный Дом детского творчества»

П. Нижнеангарск
2022 год

Оглавление

Введение	3
Анализ существующих методов беспроводной передачи электричества.....	4
Основная часть	6
Практическая часть	9
Заключение	11
Литература.....	12

Введение

Проблема исследования: в нынешнее время развит только один способ беспроводной передачи электричества (индукционный метод, явление взаимной индукции), который все-таки требует непосредственного контакта зарядной станции и мобильного устройства, т.к. используется ближнее электромагнитное поле, при этом большая часть энергии расходуется впустую. Что не делает этот способ по-настоящему дистанционным. Другие методы беспроводной передачи электричества имеют существенные недостатки (низкий КПД, необходимость прямой видимости приемника и передатчика, опасность для жизни и др.), что не дает им возможности быть востребованным в различных сферах жизнедеятельности человека. Например, не существует устройства для подзарядки нескольких мобильных устройств дистанционно и одновременно.

Современное состояние проблемы. Исторически началом решения этого вопроса принято считать экспериментальную деятельность ученого Никола Тесла, разработавшего идею о беспроводной передаче электричества. Но после разрушения в 1918 году башни Вондерклиф эксперименты в данной отрасли прекратились на протяжении всего XX века. Только в 1975 году комплекс дальней космической связи Голдстоун (GDSCC) проводит эксперименты по передаче мощности в десятки киловатт. Проблема была отложена до 2007 года. С резким скачком уровня мобильной техники резко встала проблема об их беспроводной зарядке. В 2007 году группа ученых Массачусетского Технологического университета (MIT) под руководством Марина Солянича создали проект Wireless Electricity (WITricity) с КПД передачи электричества на расстоянии в 45%. В 2008 году корпорация Intel во главе с Justin Rattner повторили опыты Тесла и создали систему Wireless Resonant Energy Link (WREL). В 2009 году консорциумом Wireless Power Consortium был создан стандарт Qi. В 2015 году ученые из университета Вашингтон выявили, что заряжать телефоны можно через WI-FI. В январе 2016 года университет ИТМО и «НИИ Гириконд» под руководством Полины Капитановой улучшили систему WITricity и добились КПД 80%. Также проблемой в данной отрасли занимается

корпорация Apple. МинТранс Великобритании реализует проект «Preparing the Strategic Road Network for electric vehicles» (£200к), заключающийся во внедрении беспроводной зарядной системы в дорожное полотно, то есть электромобиль прямо во время езды будет подзаряжаться.

В наше время практически все люди на Земле используют мобильные устройства, которые необходимо периодически заряжать. Сейчас существуют два основных способа зарядки мобильных устройств: с помощью обыкновенного зарядного устройства и кабеля; с использованием беспроводного зарядного устройства, которое использует метод электромагнитной индукции; устройство должно быть в непосредственном контакте с самой зарядной станцией. Пользователи сейчас очень заинтересованы в развитии беспроводной передачи электричества. В данный момент существуют следующие способы: ультразвуковой способ, метод электромагнитной индукции, метод электростатической индукции, метод с использованием СВЧ-излучения и лазерный метод. Рассмотрим коротко каждый метод, его принцип работы, плюсы и минусы.

Анализ существующих методов беспроводной передачи электричества

Ультразвуковой метод

Принцип работы

Используется передатчик и приемник. Передатчик излучает ультразвук, приемник преобразует слышимое в электричество.

Преимущества: расстояние передачи на момент презентации составляло 7-10 метров. Не оказывает никакого вредного воздействия на живые организмы.

Недостатки: необходима прямая видимость приемника и передатчика.

Передаваемое напряжение около 8 Вольт, сила тока при этом не уточняется.

Метод электромагнитной индукции

Принцип работы

Используется ближнее электромагнитное поле, создаваемое катушкой, то есть явление взаимоиндукции. Первичная катушка создает переменное

магнитное поле, которое улавливает вторичная катушка и преобразует в электрический ток. Простейшим примером является трансформатор. Подстроив первичный и вторичный контуры под резонанс, можно несколько увеличить дальность передачи. Такие зарядные устройства приняты в качестве части стандарта беспроводной зарядки Qi.

Преимущества: широко распространены, просты в изготовлении.

Недостатки: большая часть передаваемой энергии расходуется впустую, для стабильной работы необходим непосредственный контакт приемника и передатчика.

Метод электростатической индукции

Принцип работы

Представляет собой прохождение электроэнергии через диэлектрик. Электрическое поле создается за счет заряда пластин переменным током высокой частоты и высокого потенциала. Ёмкость между двумя электродами и питаемым устройством образует разницу потенциалов. Этот опыт был продемонстрирован Николой Тесла, когда он питал лампы освещения энергией, создаваемой переменным электрическим полем.

Преимущества: высокое передаваемое напряжение, которое безопасно для человека.

Недостатки: узкий спектр применения

Метод с использованием микроволнового излучения

Принцип работы

Магнетроном создается СВЧ-излучение, которое улавливается ректенной.

Преимущества: высокое передаваемое напряжение, КПД передачи до 95%.

Недостатки: опасно для жизни, недопустимо использование при нахождении рядом других электрических приборах (из-за очень мощного электромагнитного поля может произойти возгорание или взрыв электрического прибора).

Лазерный метод

Принцип работы

Электрическая энергия преобразовывается в лазерный луч, который в дальнейшем попадает на фотоэлемент и трансформируется обратно в электричество.

Преимущества: эффективная передача энергии на большие расстояния, не создает радиочастотных помех, контроль доступа.

Недостатки: Малое КПД преобразования лазерного луча в электричество, потери в атмосфере, необходима прямая видимость приемника и передатчика.

Основная часть

Цель: создать зарядную станцию на основе нового метода беспроводной передачи электричества

Задачи:

- На основе существующих методов и технологий, придумать новый способ беспроводной передачи электричества
- Провести расчеты и экспериментальное подтверждение
- Создание принципиальной и монтажной схемы
- Эксперименты с собранным устройством, его модернизация
- Разработка дизайна и сборка финального образца

В основе положены свойства электромагнитного поля, а точнее то, что при поднесении катушки в электромагнитное поле в ней начинает появляться переменная ЭДС. Чем сильнее поле и чем больше частота электромагнитных колебаний, тем на более далеком расстоянии от источника поля мы можем поднести приемную катушку и снимать с нее необходимую ЭДС. Поскольку амплитуда колебаний падает пропорционально квадрату расстояния, то поле будет распространяться на некоторую область.

В качестве источника высокочастотных электромагнитных колебаний был собран блокинг-генератор на биполярном транзисторе (или по-другому – SSTC трансформатор Тесла). Усовершенствуем SSTC трансформатор Тесла: для предотвращения образования электрических разрядов на терминале установим высоковольтный конденсатор, который будет накапливать электрический заряд и не давать образоваться молнии. В роли конденсатора обычно используется тор, изготовленный из алюминиевого воздуховода, или можно использовать самодельный плоский конденсатор. Емкость плоского конденсатора и тора соответственно равны:

$$C_1 = \varepsilon_0 \varepsilon \frac{S}{d} \quad (1)$$

$$C_2 = (1 + 0,2781 \frac{d_2}{d_1}) \cdot 2,8 \cdot \sqrt{\frac{\pi(d_1 - d_2) \cdot d_2}{25,8}} \quad (2)$$

Где C_1 – емкость конденсатора, Ф; C_2 – емкость тора, пФ; ε_0 – электрическая постоянная, Ф/метр; ε – диэлектрическая проницаемость; S – площадь пластин конденсатора, м²; d – расстояние между пластинами, м; d_1 – наружный диаметр тора, см; d_2 – диаметр трубы тора.

Теперь переделанный трансформатор Тесла создает только сильное высокочастотное электромагнитное поле. Исходя из свойств электромагнитного поля: если поднести медную пластину (катушку индуктивности) в определенном радиусе от электромагнитного поля трансформатора Тесла, то на ней появятся электрические заряды. Из электродинамики и радиоэлектроники следует, что в приёмной катушке (медной пластине) возникает переменный ток, который можно увеличить и выпрямить с помощью линейного умножителя. Амплитуда колебаний убывает пропорционально квадрату расстояния от источника. Соединив приёмную катушку и линейный умножитель напряжения, получим приемник электрической энергии с постоянным током на выходе, которую создает электромагнитное поле переделанного трансформатора Тесла (Рис. 1). Используя резонанс, улучшим качество связи между передатчиком и приемником. Рабочая частота катушки:

$$f = \frac{10^6}{2\pi\sqrt{L \cdot C}} \quad (3)$$

Где f – частота, кГц; L – индуктивность резонатора, мкГн; C – общая емкость контура, пФ.

$$L = \frac{0,01 \cdot N^2 \cdot D}{\frac{l}{D} + 0,45} \quad (4)$$

Где N – число витков в резонаторе, шт.; D – диаметр резонатора, см.; l – длина вторичной обмотки.

$$C = C_{\text{пар}} + C_{\text{доп}} \quad (5)$$

Где $C_{\text{пар}}$ - паразитная емкость резонатора, пФ, $C_{\text{доп}}$ – емкость тора или высоковольтного конденсатора, пФ. $C_{\text{доп}} = C_1 = C_2$

$$C_{\text{пар}} = D^2(0,3777 + 0,0755 \frac{l}{D} + \frac{2,366}{10^3} (\frac{l}{D})^2) \quad (6)$$

Чтобы решить проблему неоднородности электромагнитного поля – при отдалении приемного устройства от передающего (трансформатора Тесла) напряжение падает – на выходе линейного умножителя установим стабилизаторы напряжения с выходным напряжением 5 В. Таким образом Напряжение падает до 5В при этом увеличивается выходной ток приемника, то есть с помощью такого устройства можно питать мобильный телефон или другую маломощную аппаратуру.

Проведем аналогию с WI-FI: есть «роутер» (переделанный трансформатор Тесла), который создает электромагнитное поле (сравнимо с WI-FI зоной) и есть приемное устройство, которое трансформирует электромагнитное поле в электрический ток (как и WI-FI модуль), который заряжает мобильное устройство. Каждый WI-FI роутер рассчитан на конечное n количество устройств, которым он может «раздать» интернет соединение. Пусть к роутеру подключено n число устройств, тогда сигнал будет передаваться только им и никакому другому устройству. В случае с беспроводной зарядной станцией аналогично: нагрузка на приемных устройствах выбирается так, чтобы все электромагнитное поле сосредотачивалось только на приемниках. Тогда это поле не будет оказывать отрицательного воздействия на ближайшие электрические приборы и устройства.

Безопасность идеи для человека подтверждена тем, что частоты, на которых работает беспроводное зарядное устройство окружают нас постоянно и не причиняют вреда. Кроме того, существует явление скинн-эффекта, которое гласит, что высокочастотный ток проходит по поверхности кожи человека, не задевая жизненно важные органы. Данный способ является универсальным. Самый перспективный и сейчас развивающийся – подзарядка мобильных

устройств. Используя в приемнике катушку вместо пластины и инвертор, можно повысить передаваемое напряжение и постоянно питать какое-либо устройство. Этим же способом можно производить подзарядку электромобилей.

Практическая часть

В основу создания беспроводной зарядной станции легли опыты, проведенные с использованием классической катушки Тесла (SGTC – spark gap Tesla coil). Схема была достаточно тривиальной: генератор на строчном трансформаторе и таймере NE 555, симметричный умножитель напряжения (генератор Кокрофта-Уолтона) и схема классического трансформатора Тесла на искровом промежутке. Печатная плата была начерчена в программе Sprint Layout и изготовлена методом ЛУТ (лазерно-утюжная технология), вытравлена раствором хлорного железа ($FeCl_3$). Были получены результаты: напряжение питания 14 В. при силе тока около 1.3 А., лампа дневного света работала на расстоянии около метра, подробно изучен (как теоретически, так и экспериментально) принцип работы катушки Тесла.

Пригодным для использования в целях беспроводной передачи электричества классическая катушка Тесла не является. Поэтому был собран блокинг-генератор (он же качер Бровина, он же SSTC Тесла) на биполярном транзисторе. В качестве приемного устройства была с нуля разработана схема, состоящая из плоской катушки, в которой возникает переменная ЭДС, затем стоит линейный удвоитель напряжения, который увеличивает напряжение и выпрямляет ток, после этого ток попадает на импульсный стабилизатор напряжения, где стабилизируется до 5В, при этом сила тока повышается за счет падения напряжения, что позволяет производить зарядку мобильных устройств (рис.2).

На данном этапе в качестве приемника был взят трансформатор, найденный в лаборатории, сила тока в котором равнялась приблизительно 100мА, а напряжение зависело от расстояния согласно графику (рис. 4). При этом потребляемый ток самого устройства составил 1.2А при напряжении питания

12В. В ближайшее время будет намотана специальная приемная катушка с настроенным в резонанс колебательным контуром с передающей катушки.

Заключение

В результате проделанной работы были изучены уже существующие методы беспроводной передачи электричества, их плюсы и минусы, а также существующие технологии в данной отрасли. Изучен принцип работы классического (SGTC) трансформатора Тесла. Придуман и физически обоснован новый способ беспроводной передачи электричества, проведены расчеты, сформулировано экспериментальное подтверждение гипотезы и разработана принципиальная электрическая схема устройства. Созданы функционирующие прототипы на основе классической катушки Тесла и качера Бровина. Проведено исследование зависимости напряжения от расстояния при беспроводной передаче электричества с использованием качера Бровина на биполярном транзисторе, потребляемый ток схемы составил 1.2А при напряжении питания 12В (рис. 4). Разработана с нуля (рис. 2) и рассчитана (рис. 5) схема приемного устройства зарядной станции.

Была подана заявка на полезную модель «Беспроводная зарядная станция» (см. приложение).

В ближайшее время будет разработан дизайн финального устройства, собрано и настроено в резонанс приемное устройство, а также проведен эксперимент по непосредственной зарядке мобильного устройства. В дальнейшем будет проведена разработка и сборка различных схем (рис. 3) и эксперименты над ними с целью выявления самого мощного и оптимального варианта. Более совершенную версию можно будет использовать в повседневной жизни (как для личного использования, так и в общественных местах) для подзарядки нескольких мобильных устройств беспроводным способом одновременно. Или же подзарядка квадрокоптеров (и других небольших летательных аппаратов) прямо во время полета. То есть для подзарядки устройство (квадрокоптер) с приемником должно подлететь в радиус действия зарядной станции.

Литература

1. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: учеб. пособие / Хоровиц П., Хилл У.; пер. с англ. Б. Н. Бронина, А. И. Коротова, М. Н. Микшиса, Л. В. Поспелова, О. А. Соболевой, Ю. В. Чечёткина – М.: БИНОМ, 2014. - 704 с.
2. Патент №2510558 РФ, МПК H02J17/00 H04B1/38 B60L9/08. Беспроводная зарядная система для маломощных потребителей электрической энергии / Д.С. Лопатин, Д.Н. Кушнерев, А.В. таманов – (РФ) - №2012130868/07; Заявл. 19.07.2012; Опубл. 27.03.2014. –
(http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru)
3. Энциклопедия русской мысли, Т. 16, доклады русскому физическому обществу: Сборник научных работ, ч. 3 / Власов, В.Н. Вилка Авраменко или зачем передавать дармовую энергию на расстояние – Москва: Общественная польза, 2012
4. Исаев Г.П. Электродинамика: учеб. Пособие / Г.П. Исаева; Камчатский государственный технический университет. - Петропавловск-Камчатский: 2006. – 150с.
5. Калантаров П.А., Цейтлин Л.А. Расчет индуктивностей: справочное руководство / Калантаров П.А., Цейтлин Л.А. –Ленинград: ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ Ленинградское отделение,1986. – 488 с.
6. Канарев Ф.М. физика процессов передачи электроэнергии по одному проводу [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/12327.html>
7. Страницка Эмбеддера [электронный ресурс]. – Режим доступа:
<http://bsvi.ru/category/projects/hv/>
8. Steve's high voltage [электронный ресурс]. – Режим доступа:
<http://steehv.4hv.org>

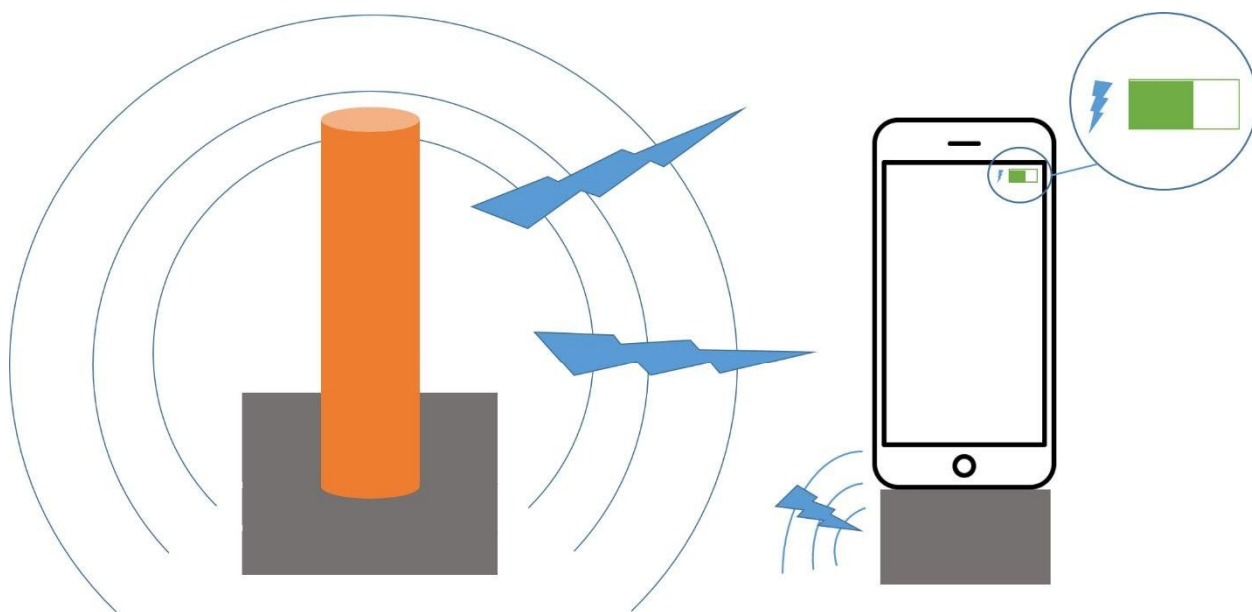
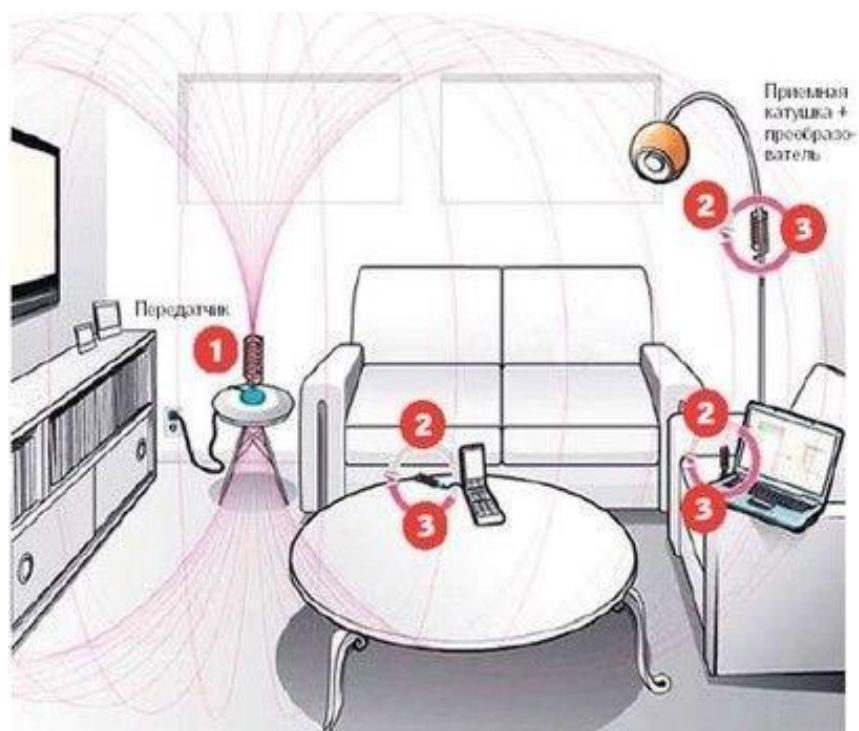


Рис. 1 – Общая схема работы беспроводной зарядной станции

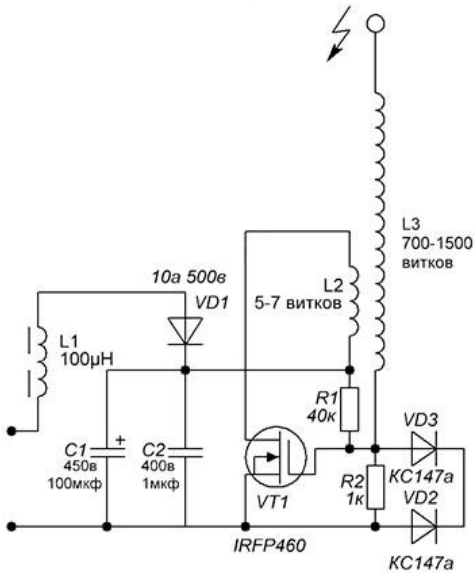
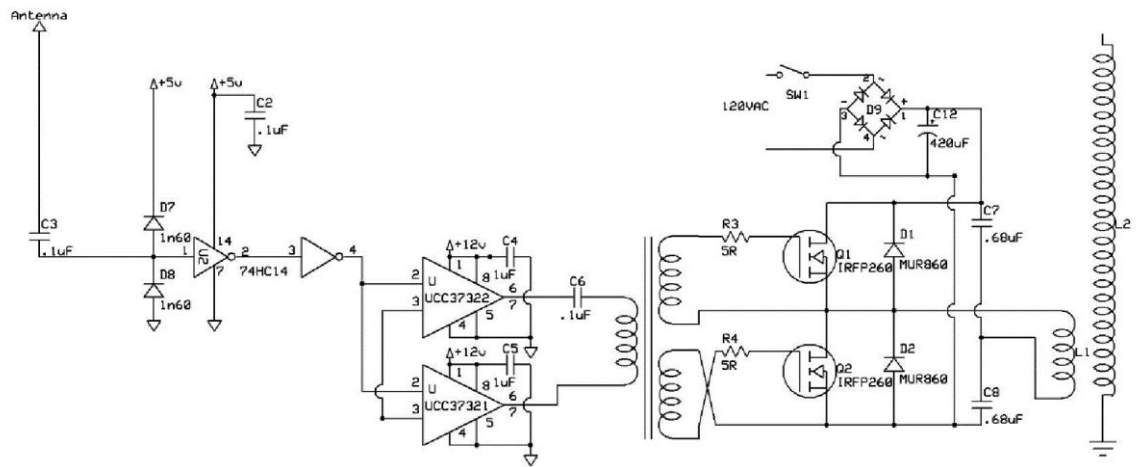
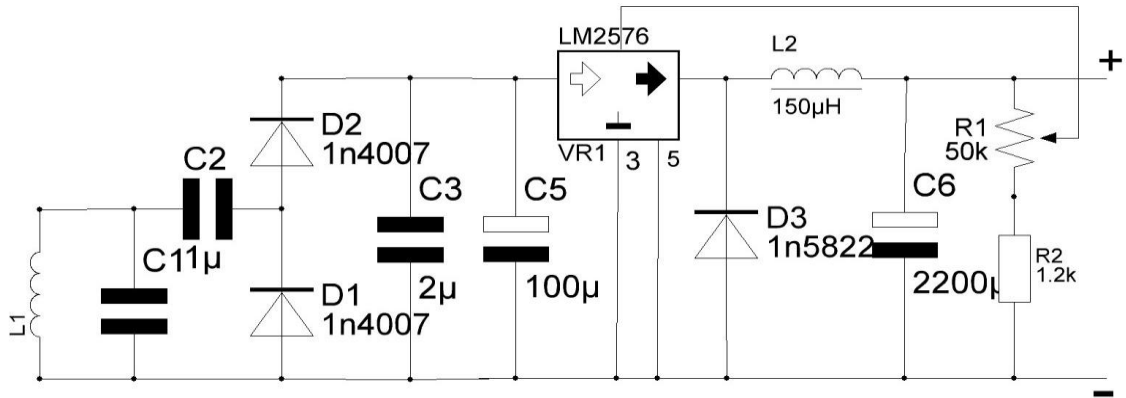


Рис. 3 – Электрические схемы передающего устройства

Рис. 2 – Электрическая схема приемного устройства

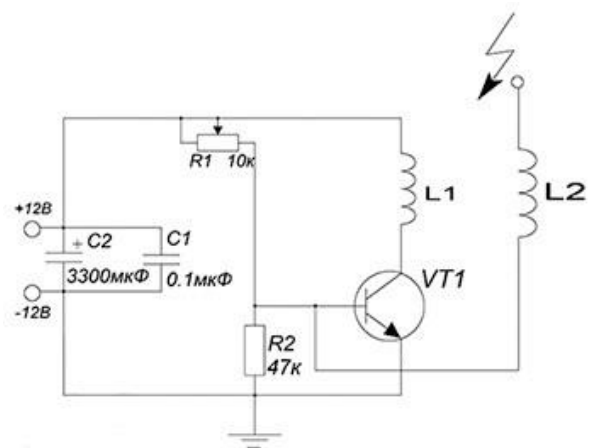
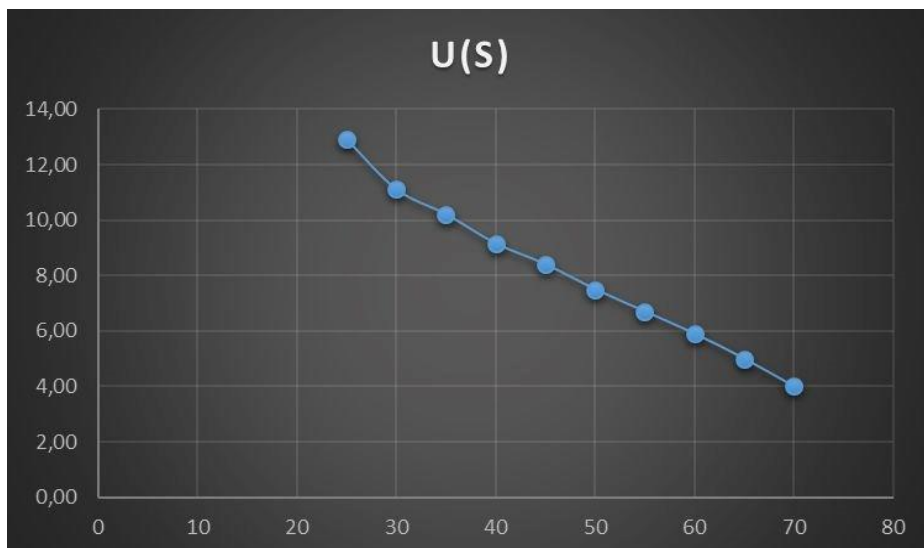


Рис. 4 - график зависимости напряжения (В.) от расстояния (см.) с использованием данной схемы качера на транзисторе ТТС5200

$s := 5$	$h := 21.9$	$D := 5$	$q := 0.21$
$f := 345$			
$d := 1$			
$n := s \cdot \frac{10}{q}$	$L := \frac{(0.01 \cdot N^2 \cdot D)}{\frac{h}{D} + 0.45}$		$N := \frac{h \cdot 10}{q}$
$l := \frac{(0.01 \cdot n^2 \cdot d)}{\frac{s}{d} + 0.45}$	$C := D^2 \cdot \left[0.3777 + 0.0755 \cdot \frac{h}{D} + \frac{2.366}{10^3} \cdot \left(\frac{h}{D} \right)^2 \right]$		
$c := \frac{10^{12}}{2 \cdot (3.14)^2 \cdot f^2 \cdot l}$	$F := \frac{10^6}{2 \cdot 3.14 \cdot \sqrt{L \cdot C}}$	$C = 18.845$	
$c = 4.096 \times 10^3$		$L = 1.126 \times 10^4$	
$n = 238.095$	$F = 345.71$	$N = 1.043 \times 10^3$	

Рис. 5 - Расчет приемного устройства (диаметра d мм, длины намотки s мм, емкости конденсатора с пФ, количества витков n, проводом диаметра q мм) для передающей катушки диаметра D мм, высотой h мм, намотанной проводом диаметра q мм. Программа MathCad