

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К. И. Сатпаева

Институт Автоматики и Информационных технологий

Кафедра «Электроники, телекоммуникации и космических технологий»

Стремоусова Виктория Юрьевна

«Разработка измерителя амплитуды электромагнитных сверхдлинных
волн»

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Образовательная программа: 6В06201 Телекоммуникация

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра «Электроники, телекоммуникации и космических технологий»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой ЭТиКТ
кандидат технических наук,
ассоциированный профессор
Таштай Ерлан
«30» мая 2024 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Разработка измерителя амплитуды электромагнитных сверхдлинных
волн»

Образовательная программа: 6В06201 Телекоммуникация

Выполнил дипломную работу

Стремоусова В. Ю.

Рецензент
к.т.н, профессор
АУЭС имени Г.Даукеева
Байкенов А.С.
«23» мая 2024 г.

Научный руководитель
к.т.н, ассоциированный профессор
Жигалов В. А.
«23» мая 2024 г.

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт автоматики и информационных технологий

Кафедра «Электроники, телекоммуникации и космических технологий»

ОП «6В06201 Телекоммуникация»



ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломной работы

Обучающемуся: Стремоусова Виктория Юрьевна

Тема: Разработка измерителя амплитуды электромагнитных сверхдлинных волн.

Утверждена приказом ректора университета № 548 П/Ө от «04.12.2023»

Срок сдачи законченной работы «30» ноя 2024 г.

Исходные данные к дипломной работе:

Имеется сеть источников электромагнитных волн частотой 25 кГц, каждый из источников излучает по расписанию сигналы точного времени «Бета». Необходимо разработать приёмник, измеряющий амплитуду принимаемого сигнала, пропорциональную напряжённости электрического поля сигнала в точке приёма. Чувствительность приёмника не менее 50 мкВ. Диапазон перестройки частоты – от 15 до 30 кГц.

Краткое содержание дипломной работы:

1. Анализ литературы по распространению сигнала сверхдлинных волн вдоль земной поверхности.
2. Выбор схемных решений для приёмника сверхдлинных волн.
3. Разработка принципиальной электрической схемы приёмника.

4. Разработка печатной платы приёмника.
5. Создание действующей макетной реализации приёмника.
6. Измерение характеристик приёмника и калибровка на тестовом источнике сигнала.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Структурная схема приёма сверхдлинных волн.
2. Блок-схема приёмника.
3. Принципиальная электрическая схема аналоговой части приёмника.
4. Принципиальная электрическая схема цифровой части приёмника.
5. Схема печатной платы.
6. Фото макетной реализации приёмника.
7. АЧХ приёмника (график измеренных значений в указанном диапазоне частот).

Рекомендуемая основная литература:

1. Митрохин В.Н. Электродинамика и распространение радиоволн: учеб, пособие; МГТУ им. Н.Э.Баумана.- М.: Рудомино, 2013.- 208с.
2. Бета (служба времени). Википедия.
3. Эталонные сигналы частоты и времени (Бюллетень В15/2015), ФГУП «ВНИИФТРИ».
4. VLF радиостанции СССР/РФ. <https://janto.ru/repository/015/annex-n.html>.
5. The Russian VLF time-signal stations, «Beta» by Trond Jacobsen at ALFLAB, Halden in Norway. <http://www.vlf.it/russianvlf/russianvlf.htm>
6. В.Т. Поляков. Продольные электромагнитные волны на земной поверхности // CQ-QRP #24, Осень 2008.
7. В.А. Жигалов. Глобальная беспроводная система передачи электроэнергии уже работает? // CQ-QRP #79, Лето 2022.

ГРАФИК

подготовки дипломной работы (проекта)

Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Аналитический обзор литературы. Блок-схема приёмника	01.02.2024	Выполнено
Принципиальная схема приёмника. Схема печатной платы	15.02.2024	Выполнено
Создание первой макетной реализации приёмника	01.03.2024	Выполнено
Создание второй макетной реализации приёмника	01.04.2024	Выполнено
Калибровка на тестовом источнике сигналов	15.04.2024	Выполнено

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченный дипломный проект с указанием относящихся к ним разделов проекта.

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормконтролёр	Старший преподаватель каф. ЭТиКТ, Доктор Ph.D. Досбаев Ж. М.	29.05.2024	

Научный руководитель

Жигалов В.А.

Задание принял к исполнению студент

Стремоусова В.Ю.

«30» декабря 2023 г.

Алматы 2024

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа на тему разработка измерителя амплитуды электромагнитных сверхдлинных волн, текст которой изложен на 37 страницах, на которых имеется 48 рисунков, 1 формул. При написании данной работы использовалось 18 источников

Во введении описывается история, цель и задачи работы. В 1 главе описывается обзор электромагнитных волн и их видов, а также применение. Во 2 главе рассматриваются сверхдлинные электромагнитные волны, их использование, уникальность и актуальность. В 3 главе рассмотрено проектирование приемника от начальной стадии до экспериментальной, его конструирование и функциональное использование. В заключительной части подводится итог по проделанной работе.

АНДАТПА

"Электромагниттік ультра ұзын толқын амплитудасының өлшегішін Жасау" тақырыбындағы дипломдық жұмыс. Дипломдық жұмыс 3 бөлімнен, 37 беттерден, 48 суреттерден, 1 формулалардан тұрады. Дипломдық жұмысты жазу үшін 18 дереккөздер пайдаланылды.

Жұмыстың тарихы, мақсаттары мен міндеттері кіріспе бөлімде сипатталған.

1-бөлімде электромагниттік толқындарға және олардың түрлеріне, сондай-ақ олардың қолданылуына шолу сипатталған. 2-бөлімде ультра ұзын электромагниттік толқындар, олардың қолданылуы, бірегейлігі мен өзектілігі қарастырылады. 3-Бөлімде ресивердің бастапқы кезеңнен тәжірибелік кезеңге дейінгі конструкциясы, оның конструкциясы мен функционалдық қолданылуы қарастырылады. Қорытынды бөлімде барлық атқарылған жұмыстар жинақталған.

ANNOTATION

Diploma work on the topic "Development of an electromagnetic ultra-long wave amplitude meter". Diploma work consists of 3 sections, 37 pages, 48 pictures, 1 formulas. For writing the diploma work 18 sources were used.

The history, goals and objectives of the work are described in the introduction part.

Section 1 describes an overview of electromagnetic waves and their types, as well as their applications. Section 2 examines ultra-long electromagnetic waves, their use, uniqueness and relevance. In Section 3, the design of the receiver from the initial stage to the experimental one, its design and functional use are considered. The final part summarizes all the work done.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	
1 Теоретические сведения	9
1.1 Электромагнитные волны, их виды и применение	9
2 Сверхдлинные электромагнитные волны. Забытый спектр частот	14
2.1 Эксперименты Николы Теслы	14
2.2 Определение электромагнитных сверхдлинных волн частотой 30–300 Гц	21
2.3 Области применения электромагнитных сверхдлинных волн	23
3 Проектирование приемника амплитуды	29
3.1 Разработка принципиальной электрической схемы приёмника	29
3.2 Разработка печатной платы приёмника	35
3.3 Создание действующей макетной реализации приёмника	37
3.4 Тестирование приемника	44
Заключение	
Список использованной литературы	

ВВЕДЕНИЕ

Определение электромагнитных сверхдлинных волн является важным аспектом изучения электромагнитных явлений в природе. Эти волны представляют собой особый класс электромагнитных возмущений, обладающих экстремально большими длинами волн, превышающими характерные размеры объектов окружающей среды. Определение и понимание свойств таких волн имеет существенное значение в различных областях науки и техники, включая радиоастрономию, геофизику, телекоммуникации и оборонную технику.

Сегодняшний быстрый прогресс в области радиоэлектроники ставит перед научным и инженерным сообществом новые задачи, связанные с исследованием и применением электромагнитных сверхдлинных волн. Они являются ключевым инструментом для изучения далеких объектов в космосе, а также для обеспечения связи в условиях сложных географических и климатических условий на Земле. В связи с этим, понимание характеристик электромагнитных сверхдлинных волн становится крайне актуальным для развития современных технологий и научных исследований.

Со времен, когда активно использовали сверхдлинные волны, прошло много времени, об этих волнах почти забыли, но я считаю, что их применение может быть актуальным. Электромагнитные сверхдлинные волны могут огибать всю поверхность земного шара. К примеру, станции передачи сигналов точного времени Бета в определенное время издают сигнал на этих волнах с энергией порядка мегаватт, которая уходит просто в толщу земли. Почему бы не воспользоваться этим и не попробовать получать энергию от этих сверхдлинных волн?

Приемник сверхдлинных волн может сыграть большую роль в изучении свойств сверхдлинных волн, данный приемник будет принимать очень низкие частоты, приблизительно 15...30 кГц. При определенных условиях, возможно, мы сможем передавать и получать энергию по методу Николы Теслы в глобальном масштабе.

1 Теоретические сведения

1.1 Электромагнитные волны, их виды и применение

Открытие электромагнитных волн. Еще в начале 19 века М. Фарадей проводил эксперименты, изучая связь магнетизма и электричества. Он обнаружил, что изменение магнитного поля вокруг проводника, по которому проходит электрический ток, вызывает электрический ток в соседнем проводнике. Далее К. Максвелл предсказал в своем уравнении существование электромагнитных волн, которые могут распространяться со скоростью света в вакууме. Эксперименты Герца впервые подтвердили существование электромагнитных волн, он изобрел генератор, который генерировал электромагнитные волны. Ему удалось измерить на опыте длину волны и скорость распространения электромагнитных волн, которая оказалась равной скорости света. Максвелл в своей теории о динамической теории электромагнитного поля показал, что электрические и магнитные поля распространяются в окружающей среде в виде волн, которые двигаются со скоростью света.

Открытие электромагнитных волн дало толчок к развитию беспроводной связи. Хочу упомянуть Н. Теслу, одного из первых ученых, предложивших систему глобальной передачи энергии без проводов. Тем самым можно считать его пионером в изобретении радио, он так же, как и остальные ученые, внёс большой вклад в его изобретение. Тесла говорил еще в 1890-х годах «Недорогой аппарат позволит владельцу слушать в море или на земле музыку или песни, речь политического лидера, выдающегося учёного или проповеди священника, находящегося на огромном расстоянии» [1].

Так что же такое электромагнитные волны? Электромагнитное поле образуется из-за того что, переменный ток создает электрическое поле, это же вызывает магнитное поле. То есть распространение электромагнитного поля и есть электромагнитная волна. Частота волн, которые образуются таким образом равна частоте переменного тока. Но также может быть, и противоположный эффект, то есть если электромагнитная волна падает на провод, то она создает в данном проводе переменный ток той же частоты. Именно таким образом работают приемные антенны у радио [2].

Все электромагнитные волны распространяются со скоростью света, то есть со скоростью $c = 3 \cdot 10^8$ м/с. Они распространяются с данной скоростью в среде либо в свободном пространстве. Электромагнитным волнам не нужна материальная среда для распространения, как допустим требуют механические волны, например звуковая волна или волны на поверхности воды [2].

Электромагнитные волны могут отражаться, интерферироваться, производить дисперсию, преломляется, производить дифракцию, поглощаться материей. Рассмотрим каждое свойство по отдельности.

Преломление электромагнитной волны. Волны могут переходить из одной среды в другую, тем самым меняя свое направление и скорость, потому что в

средах различная оптическая плотность. Это происходит по закону оптики.

Интерференция электромагнитной волны. Начиная от двух волн и более, могут пересекаться в одной точке пространства и оказывать влияние друг на друга, тем самым образовывать интерференционную картину. От этого волны могут либо усиливать, либо ослаблять их амплитуду, в зависимости от сдвига фазы между волнами.

Дифракция электромагнитной волны. Электромагнитные волны могут проходить через различные препятствия, а также через узкие щели либо отверстия.

Поглощение электромагнитно волны. При этом свойстве уменьшается энергия электромагнитной волны, из-за того что она отдает свою энергию тому предмету в которое проникает, это может происходить в различных средах и материалах.

Электромагнитные волны являются поперечными, так как колебания электрического поля происходит перпендикулярно к направлению распространения волны. Благодаря этому электромагнитное излучение можно поляризовать. Магнитное поле всегда перпендикулярно электрическому. Это представлено на рисунке 1.1.

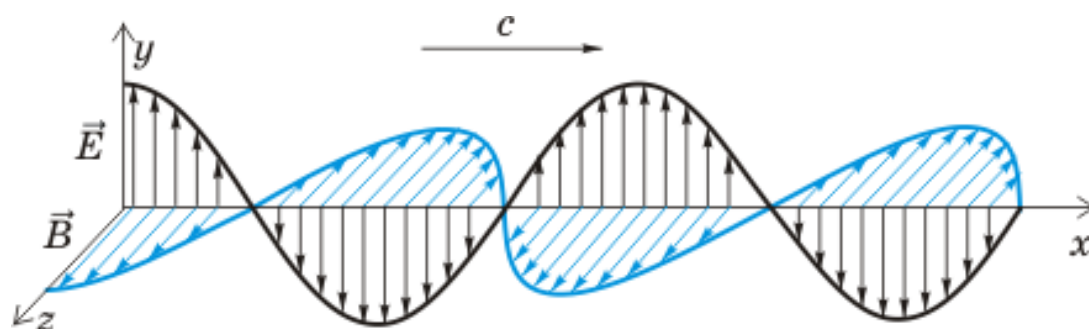


Рисунок 1.1 – Направление магнитного и электрического поля

Электромагнитное излучение возникает тогда, когда атом поглощает энергию, эта поглощенная энергия заставляет атомы электронов менять свое местонахождение внутри атома. Когда электрон возвращается на свое исходное положение, возникает электромагнитная волна. Есть разные способы заставить атомы поглощать энергию.

В атоме электрон может поглощать энергию электромагнитных волн только тогда, если существует переход между энергетическими уровнями, соответствующей энергии, переносимой фотоном. Фотон, с правильной длиной волны может заставить электрон перейти с более низкого энергетического уровня на более высокий, поглощая энергию падающих электромагнитных волн. Электрон не будет долго оставаться на высоком энергетическом уровне, он будет переходить на более низкий, испуская новый фотон, в виде спонтанного излучения [3].

Испускаемая электромагнитная волна имеет любое случайное направление, но длина волны соответствует длине волны поглощения при переходе. Электромагнитные волны не отклоняются электрическим или магнитным полями.

Цвет видимого спектра. Любая электромагнитная волна имеет свою длину волны. Тем самым длина волны имеет свою частоту, и они вместе могут быть преобразованы друг в друга. Определенный цвет видимого спектра будет соответствовать определенной длине волны либо частоте [2].

В квантовой теории Максвелла Планка и Альберта Эйнштейна электромагнитные волны состоят из частиц, вычисляется энергия E , данной энергией обладают волны либо фотоны как частицы. Фотон — это безмассовая и незаряженная элементарная частица, обладающая как корпускулярными, так и волновыми свойствами в соответствии с их предположениями.

Если частота электромагнитных волн будет высокой, то они будут иметь и большую энергию, и таким образом они будут проникать в атомы с большой энергией. Это доказал Альберт Эйнштейн в своей работе "Фотоэлектрический эффект", в которой показал, что высокочастотные электромагнитные волны, состоящие из фотонных частиц, падают на любые атомы, фотоны же освобождают электроны из атомов, которые имеют название фотоэлектроны, тем самым вызывают генерацию тока [3].

Когда электромагнитная волна находится в среде с веществом, её длина при этом уменьшается. В вакууме все виды электромагнитных волн распространяются с одинаковой скоростью, но в других средах распространение электромагнитной волны происходит со скоростью v :

$$v = \lambda \cdot f \quad (1)$$

где v – скорость, м/с;
 λ – длина волны, м;
 f – частота, Гц.

В настоящий период времени электромагнитные волны приобрели широкое и разнообразное применение. Электротехнические приборы не будут работать без электромагнитных волн. Например, та же самая сотовая связь, Wi-Fi, радио и другие беспроводные устройства. Мы разогреваем себе еду в микроволновках, а водители учитывают работу радаров на дороге.

Электромагнитные волны имеют различный диапазон частот и различные длины волн, классификация которых показана в таблице 1.

Таблица 1 – Классификация электромагнитных волн

1	Радиоволны	Более 1 м.
2	Микроволны	От 1 мм до 1 м
3	Инфракрасные	От 700 нм до 1 мм

4	Видимый свет	От 380 нм до 700 нм
5	Ультрафиолетовые	От 10 нм до 380 нм
6	Рентгеновские лучи	От 5 пм до 10 нм
7	Гамма-излучение	Менее 0,01 нм

Радиоволны. Они имеют самую большую длину волны среди электромагнитных волн, а также самую маленькую частоту. Они хорошо подходят для радиосвязи, так как могут распространяться на дальние расстояния.

Микроволны. Для начала микроволны не значит в прямом смысле что они микро, это значит, что они меньше радиоволн, то есть их длина волны короче. Их используют активно в кулинарии, в медицине, в радарх, а также в технологиях связи.

Инфракрасные волны. Из-за своей особенности взаимодействовать с диполями, которые находятся в отдельных молекулах, они могут поглощаться широким спектром веществ, что повышает их температуру. И благодаря этим тепловым свойствам их используют для обнаружения нагретых тел. Так же используют в различной технике, медицине.

Видимый свет. Это оптическая область, видимая глазом. В его диапазон входят все цвета радуги начиная от красного 700 нм и заканчивая фиолетовым 400нм. Он играет важную роль в зрении человека, так как многое, что мы видим, может излучать либо отражать световое излучение.

Ультрафиолетовые волны. Так как тут уже длина волны уменьшается, а частота начинает расти, то энергия растет что приводит к активизации определённых молекул, что приводит к необратимой химической перегруппировке, а это ведет за собой повреждение в ДНК. Поэтому люди боятся этих волн от солнца, так как это может вызвать рак и ожог кожи. Эти лучи могут иметь и положительный и отрицательный эффект.

Рентгеновские лучи. Для образования данного типа волн нужен такой тип возбуждения, который происходит в катодных трубках, потому что длины этих волн очень маленькие, их сравнивают с размерами атома. Так как у них из-за большой частоты большая энергия, этот тип волн легко проникает вглубь непроводящих веществ, благодаря этому рентгеновские лучи используют в медицине.

Гамма-излучение. Длина волны настолько мала, что ее сравнивают по размеру с ядрами атомов. Это одна из составляющих космических лучей, но в них данное излучение имеет еще большие частоты, а это значит, что и энергия намного больше. Данное излучение поэтому и важно при исследованиях космоса. Так как данное излучение из-за большой энергии проникает легко в ткани и разрушает их, им можно получить рак и другие онкологические заболевания [4].

Реальные масштабы спектров не показать на рисунке, так как у них слишком разнятся диапазоны, но приблизительный спектр диапазонов показан на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 – Шкала электромагнитных волн

Но так как нас интересуют именно радиоволны рассмотрим их. Радиоволна — это волна в определенном частотном диапазоне, от единиц килогерц до единиц ТГц [4].

Радиоволны классифицируются по частоте на такие виды волн:

1. Сверхдлинные волны.
2. Длинные волны.
3. Средние.
4. Короткие.
5. Ультракороткие.

Рассмотрим каждый тип по отдельности.

Сверхдлинные волны – это вид волн, в которых частота сигнала находится в пределах от 3 до 30 кГц и с длиной волны от 10 до 199 километров. Они хороши тем, что проникают в воду и огибают нашу землю, при этом отражаясь от верхних атмосферных слоев с минимальной потерей энергии, благодаря этому используется для дальней специальной связи.

Длинные волны – имеют диапазон частот от 150 до 450 кГц и с длинами волн 2000–670 метров. Они так же, как и СДВ могут огибать земную поверхность и использоваться для связей на дальнее расстояние, но у длинных волн проникающая способность ниже, чем у СДВ. Используется в вещании. Чтобы увеличить дальность передачи сигнала, антенны устанавливают как можно выше над уровнем почвы.

Средние волны – находятся в диапазоне от 500 до 1600 кГц, длина волны от 600 до 190 метров. Благодаря этому диапазону в ночное время суток можно принимать радиостанции на тысячи километров, а расстояние приёма днём не превышает обычно нескольких сотен километров. В ночное время они хорошо отражаются от ионосферы, в дневное же время они поглощаются ею и не обеспечивают дальнюю радиосвязь.

Короткие волны – находятся в диапазоне частот от 3 до 30 МГц, длина волны 100–10 метров. В зависимости от длины волны и времени суток различных КВ частоты имеют разный характер дальнего прохождения. Используются в дальней связи.

Ультракороткие волны – находятся в диапазоне частот 30–300 МГц, имея длину волны от 10 м до 1 метра. Этот диапазон волн широко применяется в радио вещании. Но несмотря на все положительные качества этого диапазона он имеет и недостатки такие как быстрое затухание при встрече с не огибающим препятствием [4].

2 Сверхдлинные электромагнитные волны. Забытый спектр частот

2.1 Эксперименты Николы Теслы

Никола Тесла, один из самых великих изобретателей в истории, родился 10 июля 1856 года в селе Смилян, на территории современной Хорватии. С ранних лет он проявил интерес к науке и технике, часто проводя время с механическими устройствами и экспериментируя с электричеством. После обучения в Технической Школе в Граце и в Университете Карла и Фердинанда в Праге, Тесла начал свою карьеру в области электротехники, работая в различных компаниях в Европе. В 1884 году он переехал в США, где в скором времени привлек внимание Томаса Эдисона своими идеями.

Одним из ключевых вкладов Теслы в электротехнику было создание системы переменного тока, которая стала основой для эффективной передачи электроэнергии на большие расстояния. Его работа над переменным током привела к созданию первых генераторов переменного тока и системы передачи энергии через высоковольтные линии. Тесла разработал и патентовал индукционный двигатель, который стал основой для многих современных промышленных и бытовых приложений. В конце XIX - начале XX веков Тесла начал экспериментировать с методами беспроводной передачи энергии. Его идеи и технические разработки в этой области легли в основу многих современных технологий, таких как радио и беспроводная связь [5].

На рубеже XIX и XX веков мир столкнулся с серьезными вызовами в обеспечении глобальной связи. С развитием промышленности, торговли и культурных обменов возникла необходимость в эффективных средствах коммуникации, способных преодолевать огромные расстояния и географические преграды. Традиционные методы связи, такие как почта и телеграф, имели свои ограничения в скорости и дальности передачи информации. Поэтому исследователи и инженеры стремились к разработке новых технологий, способных обеспечить более быструю, надежную и глобальную связь [5].

Никола Тесла был одним из первых ученых, который воспринял вызов глобальной связи и начал исследования в этой области. Его уникальный подход к электротехнике открыл новые возможности для беспроводной передачи энергии на дальние расстояния. Одним из первых шагов Теслы в разработке методов глобальной связи было исследование электромагнитных волн и создание прототипов беспроводных передатчиков. Он провел множество экспериментов, демонстрируя возможность передачи энергии и информации через атмосферу без использования проводов.

Тесла также исследовал вопросы резонанса и воздействия электромагнитных полей на окружающую среду, что было ключевым элементом его концепции глобальной связи. Его работы позднее привели к созданию Башни Теслы и других проектов, направленных на установление беспроводной связи на всей планете [6].

Основой для концепции беспроводной передачи Теслы были его исследования в области электромагнетизма и электродинамики. Он верил в возможность использования электромагнитных волн для передачи энергии на дальние расстояния.

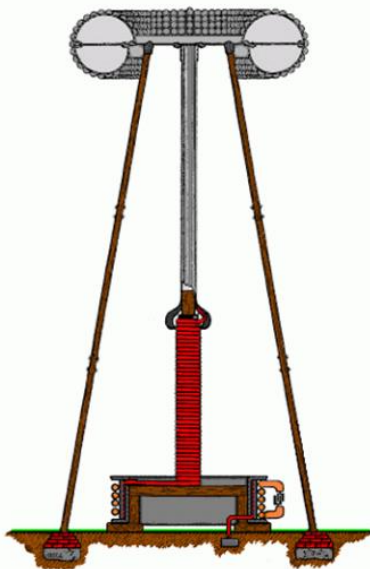


Рисунок 2.1 – Внутреннее строение башни из патента 1914 года

Роль Башни Теслы заключалась в создании среды, в которой можно было бы демонстрировать и тестировать его идеи по беспроводной передаче энергии и данных. Она имела круглую форму и была построена из железобетонных конструкций. План Теслы включал использование башни для передачи электромагнитных волн через Землю, что позволило бы обеспечить беспроводную связь на всей планете. Основной целью Башни Теслы было создание экспериментального объекта для исследования и разработки методов беспроводной передачи энергии [7].

Башня Теслы, также известная как Варденклиффская башня, была одним из самых амбициозных проектов Николы Теслы в области беспроводной передачи энергии и данных. Она представляла собой башню высотой около 57 метров. Эта башня, построенная в Шоремонт, штат Нью-Йорк, была задумана Теслой как часть глобальной системы радиопередачи и связи. Можно сказать что Башня Теслы это заземленный с одной стороны спиральный четвертьволновый резонатор, с определенной емкостью на другом конце спирали. Данный резонатор раскачивается задающим генератором, в идеале это должен быть синусоидальный сигнал с частотой примерно 1 кГц. Принципиальная схема башни показана на рисунке 2.2.

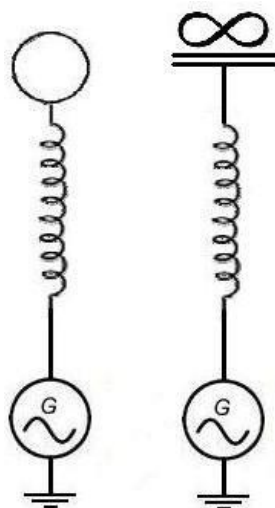


Рисунок 2.2 – Принципиальная схема башни Теслы

На рисунке 2.2 с левой стороны показана емкость на - верху башни, которая является дополнительной к уже имеющийся собственной емкости катушки, а с правой стороны показана эквивалентная схема, но там показано что емкость уединенная, что значит емкость между самой башней и бесконечностью, но не между башней и землей, потому что иначе мы будем получать просто LC-контур, который будет замыкаться через Землю. Чтобы была минимальная паразитная емкость между землей и Башней, нужно увеличивать уединенную емкость от грунта, так как известно, что если емкость поднять на высоту, которая равна нескольким средним диаметром емкости, то емкость между землей и башней уменьшится до значений сопоставимого с собственной уединенной ёмкости Башни. Когда происходит состояние резонанса емкостное и индуктивное сопротивление будут компенсировать друг друга, потому что генератор ощущает только активное сопротивление резонатора. И в данной спирали будут возникать стоячие волны. Стоячая волна — это особый тип волны, который образуется при взаимодействии двух противоположно идущих волн одинаковой частоты и амплитуды, но движущихся в противоположных направлениях. В отличие от обычной волны, стоячая волна не перемещается, а остается на одном месте [8].

Можно сказать, что спиральный резонатор, который применял Никола Тесла для своей башни, это просто четвертьволновая длинная линия резонансной частоте. Как следствие будут образовываться стоячие волны, с узлами напряжения на концах линии и узлами между ними. Стоячие волны представлены на рисунке 2.3.

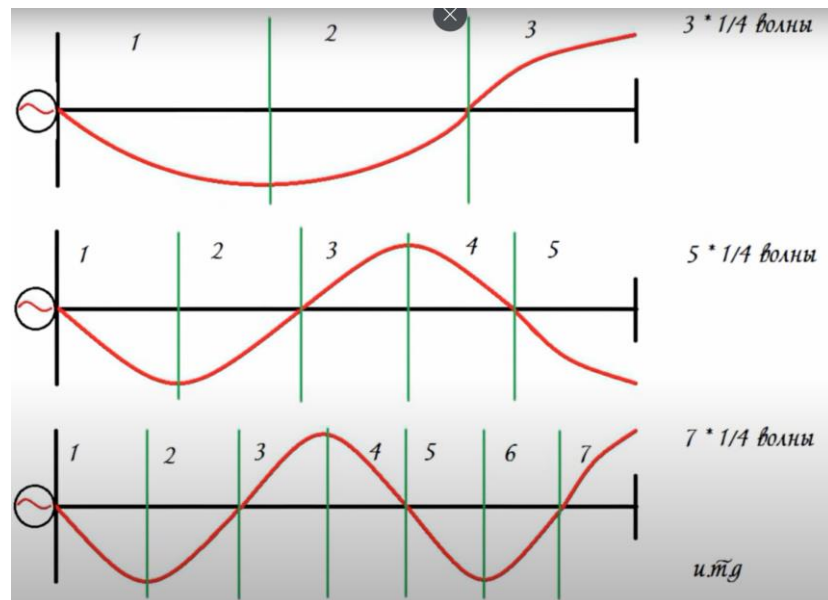


Рисунок 2.3 – Образование стоячих волн в длинной линии

Эксплуатация башни. Никола Тесла еще в 1893 году начал думать об электрическом резонансе, и лаборатория, которая находилась в Колорадо Спрингс специально создавалась для проведения экспериментов в этой отрасли. Например, разработать передатчик большой мощности; усовершенствовать средства индивидуализации и изоляции передаваемой энергии; выяснить закон распространения через землю и атмосферу. В период изучения удара молнии в Колорадо Спрингс, Тесла обнаружил такое явление, которое в дальнейшем назвал резонансом Земли. Это явление он описывал так: электрические импульсы большой величины могут проходить через землю в продольном направлении к антиподу и будут отражаться обратно. Многие ученые того времени не поняли и не восприняли всерьез догадки Теслы о продольных электрических волнах [7].

К тому как Тесла открыл, что Земля может резонировать и переносить моменту электрические импульсы, он уже знал что воздух является хорошим изолятором при обычном давлении, и становится хорошим проводником на высоких частотах и напряжениях, если его уменьшить где то до 75 мм.рт.ст. И это все доказывает что Земля и верхние слои атмосферы образуют большой конденсатор для токов высокого напряжения. Однако для того, чтобы использовать конденсатор земля-воздух, по-видимому, требовалась антенна высотой 15 миль для подключения к верхнему воздушному проводящему слою. Тесла решил эту проблему после того, как дальнейшие эксперименты привели к разработке способа получения напряжений в три-четыре раза больших, чем те, которые были созданы ранее. Такие электрические силы, как обнаружил Тесла, способны проводить ток через гораздо более плотный воздух [7].

В планах у Теслы было свободно передавать электрическую энергию по всей планете. Тем самым антенны которые располагались бы по всей планете, в любом месте, могли бы быть настроены на прием передаваемой энергии.

Резонирующие продольные электрические импульсы могли бы передаваться через атмосферные слои нашей Земли, но для этого Тесле надо было создать достаточно большое колебание. Тесла хотел что бы резонаторные волны которые он планировал передавать были продольными, а не волны Герца. Вонденклифф должен быть производить и посылать электрические импульсы на свои диполи, к одним из которых можно отнести планету Землю, а к другому верхний воздушный терминал. Что показано на рисунке 2.5.

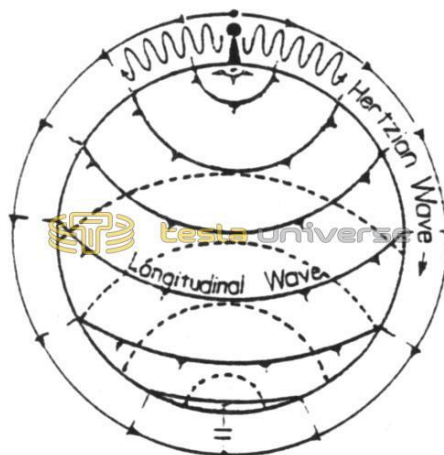


Рисунок 2.5 – Огибание волн на поверхности Земли

Основная идея такой системы: Земля рассматривается как электрический резонатор-проводник, подобно длинной линии, что показано на рисунке 2.6. Башни, которые строил Н. Тесла в конце XIX – начале XX века, «раскачивали» эту длинную линию в резонанс. В результате продольные электромагнитные волны, которые шли вдоль поверхности Земли, отражались от противоположного конца этого проводника (точка антиподов), и образовывались стоячие электромагнитные волны. Из патентов Теслы того периода следовало, что частота, на которой работала башня Ворденклифф (о. Лонг-Айленд), составляла 940 Гц, это соответствует длине волны 320 км. Значит, на поверхности Земли в результате работы башни наблюдались пучности напряжения, показано на рисунке 2.7. А поскольку напряжение между вершиной башни и землёй достигало у Теслы десятков мегавольт, то можно было создавать и высокие амплитуды в пучностях (при соблюдении условия резонанса). Удивительные эффекты, сопутствующие экспериментам Теслы, описаны в прессе того времени [9].

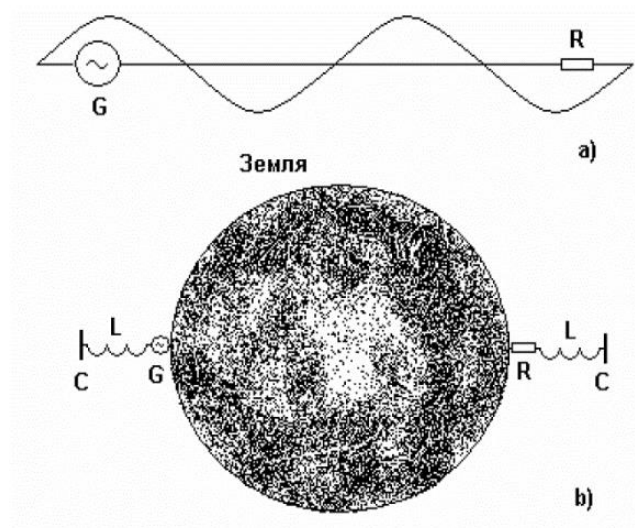


Рисунок 2.6 – Земля как электрически возбуждаемая длинная линия

Земля в такой модели рассматривается подобно резонансной антенне (на поверхности надо уложить кратное число полувольт). Эффективный способ накачки такого резонатора – вопрос согласования. Тесла применял, судя по всему, возбуждение Земли как длинной линии «с конца» через высокое напряжение: возникающие заряды на вершине башни наводили соответствующие заряды на земле, а ток в землю в нижнем конце гигантской катушки был небольшим. Так, принимая за используемую Теслой мощность 200 кВт, амплитуду напряжения на башне 20 МВ, и взяв оценку добротности башни-контура как 100, получаем ток порядка 1 А [9].

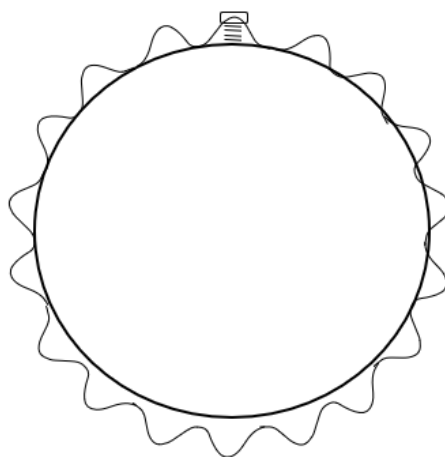


Рисунок 2.7 - Пучности напряжения на поверхности Земли-резонатора.
Вверху – передающая башня

Кроме того, ионосфера как проводник также должна подвергаться возбуждению потенциалами на вершине башни, существует гипотеза того, как, подобрав частоту и момент воздействия, Тесла осуществил электрический

пробой между Землёй и ионосферой, высвободив огромную энергию, накопленную в таком постоянно заряженном природном конденсаторе – это назвали Тунгусским феноменом [6].

Существует и другой способ согласования – закачивая в землю большие токи при существенно меньших напряжениях на верхней ёмкости. Это – низкоомное согласование, в отличие от применяемого Теслой высокоомного.

Как можно снимать мощность из такой системы? Надо в пучности напряжения поставить приёмную башню, настроенную на ту же резонансную частоту. Получится система трёх связанных осцилляторов: энергия закачивается через один из них (передающая башня), циркулирует в большом земном электрическом осцилляторе как колебательном контуре, и снимается из приёмного осциллятора. Разумеется, приёмников может быть сколько угодно, и не обязательно при этом строить огромные конструкции.

Гигантская башня Теслы была разобрана в 1917 году, и вроде бы никто после Теслы не пробовал экспериментов в таком масштабе. Усилия учёных и изобретателей тех лет были сосредоточены на передаче радиосигналов, радио развивалось быстрыми темпами. Вскоре стало понятно, что эффективная передача радиосигналов возможна на длинах волн, соответствующих длине антенн. От сверхдлинных волн, которые использовались поначалу (частоты – десятки кГц, длины волн – десятки км), стали отказываться в пользу длинных, средних, затем коротких волн [9].

Но ко Второй мировой войне диапазон сверхдлинных волн вновь оказался востребованным. Для связей с подводными лодками Германия в 1943 году построила гигантскую систему передачи радиосигналов, которая работала в килогерцовом диапазоне. Эта система работает до сих пор, правда уже не в Германии, в России – под Нижним Новгородом, называется «Голиаф» и используется с той же целью. Её масштабы вполне соответствуют названию. Антенной служат три «зонтика» общим диаметром около километра, поднятые на мачтах на высоту 200 м, это показано на рисунках 2.8 и 2.9. Собственная ёмкость такой антенны порядка 0,1 мкФ. Эта ёмкость соединена индуктивностями с системой заземления. Подводимая мощность около 1 МВт. Частоты – 15-60 кГц (длины волн 20...5 км). Мы видим здесь аналогию с передающей системой Теслы, причём даже с большей мощностью. Устройство такой передающей антенны аналогично башне Теслы, только с большей ёмкостью и меньшей индуктивностью колебательного контура, и частота на порядок больше. Может ли такая система возбуждать стоячие волны во всей Земле? С точки зрения теории длинных линий этому ничего не препятствует, если подобрать резонансную частоту. Однако теперь источник низкоомный: ток в землю порядка тысячи ампер, а напряжение на ёмкости порядка тысячи вольт [9].

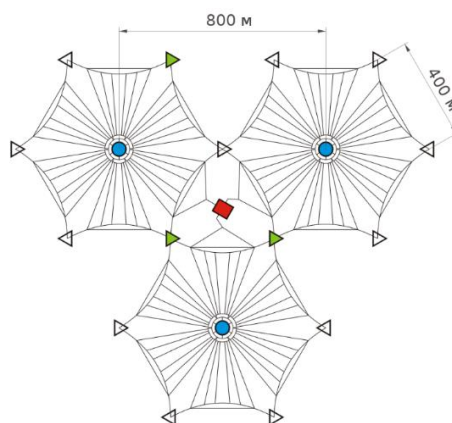


Рисунок 2.8 - План антенной системы «Голиафа», вид сверху

Однако идеи и концепции, разработанные Теслой в рамках проекта Башни, оказали значительное влияние на развитие технологий связи и энергетики в будущем. Современные технологии, такие как беспроводная связь и передача энергии, частично основаны на идеях и принципах, заложенных Теслой в своих экспериментах. К сожалению, финансовые проблемы и технические сложности привели к преждевременному прекращению работы над проектом, и Башня Теслы была разрушена в 1917 году.

2.2 Определение электромагнитных сверхдлинных волн частотой 30–300 Гц

История использования диапазона сверхдлинных волн началась в 1940 году в Германии, когда было замечено, что связь с подводными лодками, находящимися в погруженном состоянии, возможна именно в этом диапазоне частот.

Физические основы электромагнитных сверхдлинных волн заключаются в их уникальных характеристиках и механизмах формирования. Эти волны представляют собой особый класс электромагнитных колебаний, отличающихся очень низкой частотой и экстремально большими длинами волн. Сверхнизкие частоты (30–300 Гц) находятся в диапазоне от нескольких герц до нескольких килогерц [12].

Сверхдлинные волны обладают большой длиной волны, которая значительно превышает размеры обычных антенн и других электромагнитных систем. Это делает их особенно полезными для взаимодействия с объектами гораздо больших размеров, такими как глубоководные потоки, земная кора и другие. Благодаря своим уникальным свойствам сверхдлинные волны могут проникать через различные препятствия, что делает их полезными в различных приложениях, таких как радиоастрономия, геофизика и телекоммуникации.

Физические принципы формирования и распространения сверхдлинных волн связаны с различными естественными явлениями, такими как атмосферные

разряды, сейсмическая активность и другие. Кроме того, их распространение часто связано с взаимодействием с ионосферой Земли, которое влияет на их характеристики и механизмы распространения. Сверхдлинные волны могут рассеиваться и отражаться от различных объектов и слоев атмосферы.

Понимание физических основ электромагнитных сверхдлинных волн играет важную роль в различных областях науки и техники. Оно позволяет эффективно использовать сверхдлинные волны в радиоастрономии для изучения далеких объектов в космосе, в геофизике для исследования земной коры и морских глубин, а также в телекоммуникациях для обеспечения связи в условиях сложных географических и климатических условий.

Сверхдлинные волны способны к распространению на экстремально большие расстояния при очень низких частотах и соответственно больших длинах волн.

Сверхдлинные волны обладают рядом ключевых характеристик:

1. Низкая частота. Их частоты обычно находятся в диапазоне от нескольких герц до нескольких килогерц, что существенно ниже частот радиоволн и других типов электромагнитных излучений.

2. Высокая длина волны. Длины волн сверхдлинных волн значительно превышают характерные размеры объектов, с которыми они взаимодействуют. Обычно они составляют сотни километров и даже больше.

3. Проникновение через препятствия. Благодаря своим особенностям сверхдлинные волны способны проникать через различные препятствия, такие как земная кора, вода и т. д., что делает их полезными в различных приложениях, особенно в условиях, когда другие виды электромагнитных излучений не могут проникнуть [13].

Диапазоны сверхдлинных волн показаны в таблице 2.

Таблица 2 – Классификация диапазонов сверхдлинных электромагнитных волн

1	Очень низкие частоты	3...30 Гц
2	Сверхнизкие частоты	30...300 Гц
3	Инфранизкие частоты	300...3000 Гц
4	Крайне низкие частоты	3...30 кГц

На распространение СДВ влияет так-же ионосфера в зависимости от ее свойств днем либо ночью.

Влияние ионосферы в дневное время суток на сверхдлинные электромагнитные волны. В течение дня в ионосфере будет образовываться D слой, который будет поглощать сверхдлинные волны, пока они будут двигаться к E слою. Высота слоя днем $D = 50-80$ км. Из-за этого свойства днем будут хорошо распространяться только поверхностные волны.

Влияние ионосферы с ночное время суток. Ночью волны доходят намного выше, и отражаются только на расстоянии 100–120 км над уровнем моря, как

ночью нет D слоя. E слой, который есть, ночью отражает только определенные частоты, которые меньше частоты в 10 МГц. Благодаря этому могут распространяться ионосферные волны. Сверхдлинные волны имеют такую способность распространения – у волн одна стенка это Земля, а вторая стенка — это самая нижняя поверхность ионосферы. Это образует сферический волновод, в котором сверхдлинная электромагнитная волна многократно отражается от его стенок. Самая подходящая частота для такого распространения - 8–12 кГц. Любой волновод имеет частоту среза, например частота 3 кГц для волновода Земля- ионосфера уже минимальна и почти не распространяются в волноводе. Резонансная частота для волновода Земля – ионосфера примерно 7 Гц.

В ионосфере так же могут быть процессы, которые вызваны внешними по отношению к Земле причинами. Такие процессы называются Внезапные ионосферные возмущения. Это значит, что в ионосфере происходит максимально мощная ионизация в D слое ионосферы. Это происходит из-за рентгеновских и ультрафиолетовых вспышек на Солнце. Такое может происходить только в дневное время суток в ионосфере. В течение времени часов либо минут в таких процессах повышается коэффициент отражения в D слое для сверхдлинных волн. Из-за этого возможно прохождение волн в дневное время суток в D слое. Но после того, как заканчивается этот процесс, прохождение волн прекращается.

Структура сверхдлинных волн низкочастотного диапазона на расстоянии нескольких сотен километров от передатчика очень сложна из-за интерференции между земными и ионосферными волнами. Земные волны в сверхнизком диапазоне распространяются на расстояния около 3000 км, амплитуда магнитного поля на расстояниях до 500–600 км определяется по формуле Шулейкина по приближенной функции и расчетному графику.

Уже на расстояниях 1000–2000 км напряженность поля ионосферных волн превышает напряженность поля земных волн, считается, что на расстояниях более 2000 км сверхдлинные волны будут распространяться только волнами ионосферы.

Сверхдлинные волны обладают преимуществом в том, что благодаря их диапазону частоты происходит устойчивая связь, и затухание минимально, когда волны распространяются на дальние расстояния [14].

2.3 Области применения электромагнитных сверхдлинных волн

Одним из основных направлений использования сверхдлинных волн является подводная связь, особенно в военной и морской сферах. Благодаря своей способности проникать через воду на большие глубины, эти волны обеспечивают надежную связь с подводными объектами, такими как подводные лодки.

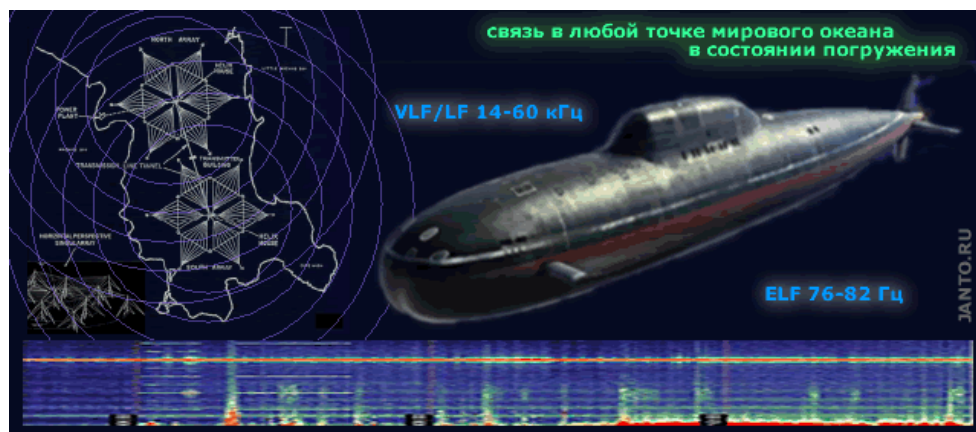


Рисунок 2.9 – Применение сверхдлинных волн для подводных лодок

Длина волны увеличивается, частота уменьшается, тем самым увеличивается глубина проникновения в недра земли либо моря, тем самым основным преимуществом сверхдлинных электромагнитных волн является малое затухание Земля-ионосфера, значение затухания примерно 2-3дБ/1000км, а также слабая зависимость параметров их распространения от рельефа Земли и магнитных бурь. Связь на низких частотах более стабильна для подводной радиосвязи по сравнению с обычной высокочастотной радиосвязью [15].

Тем самым сверхдлинные волны за счет их более низкой частоты существенно меньше поглощаются землей, ионосферой и водой, они могут огибать почти весь земной шар, также могут проникать под воду на глубину до 100-300, а в некоторых случаях и более метров. При помощи этих волн можно обеспечить постоянную беспроводную связь в одну сторону с подводными лодками которые находятся на больших глубинах без каких-либо операций, таких как доставка к поверхности воды антенных устройств. Этот способ позволяет подводным лодкам быть незамеченными.

Используя данный метод радиопередачи, СССР и США построили передающие комплексы такие как ЗЕВС и Сангвина, работающие на частотах 82 и 76 Гц, соответственно длина волны менее 4000 км. Пропускная способность в диапазоне СНЧ хуже, позволяет передавать только очень короткие команды и оповещения из заранее заданного перечня команд [15].



Рисунок 2.10 – Схема радиообмена с подводной лодкой в диапазоне ELF/СНЧ

Строение этих комплексов таково. Антенна представляет собой две параллельные линии электропередачи, каждая длиной по 60 км, а расстояние между этими линиями приблизительно 10 км, которые питаются от двух свип-генераторов синусоидального напряжения, установленных у ближайших заземлений.

Свип генератор — это высокотехнологичное устройство, которое используется в современных лабораториях и промышленных предприятиях для создания различных частотных сигналов. Он работает на основе принципа изменения частоты и амплитуды сигнала, что позволяет генерировать разнообразные волны и сигналы для проведения различных физических экспериментов и измерений [16].

Ток в антеннах передатчика обеспечивает до 200-300 А в диапазоне частот от 20 до 200 Гц. Синусоидальный ток в антеннах может задаваться на сетке частот с шагом в 0.1 Гц.

Комплекс Зевс уникален своей сверхнизкой частотой радиосвязи. Но из-за больших длин волн нужны достаточно внушительных размер антенны с линейными размерами в десятки километров. Потери при излучении требуют использование мощных источников. Коэффициент преобразования составляет 10^{-5} , то есть на каждый ватт излучаемой энергии нужно затратить до 100 кВт энергии генератора.

Применение радиоантенны ЗЕВС включает изучение земной коры под водой, а также нахождение мест по добыче полезных ископаемых. Сверхдлинные волны проникают в земную кору примерно на 10-15 км. При помощи комплекса ЗЕВС можно создавать беспроводную подземную либо подводную радиосвязь, производить поиск мест захоронения радиоактивных отходов [1].

Одним из перспективных направлений использования комплекса ЗЕВС является проведение электромагнитного мониторинга, в течении долгого промежутка времени на различных объектах с целью увидеть различные процессы в среде. Также можно проводить прогнозирование наложения тектонических плит друг на друга и изучить предвестников землетрясений, делать контроль над стабильностью больших гидротехнических сооружений, атомных станций.

В целом, применение электромагнитных сверхдлинных волн в радиотехнической и электронной промышленности является важным аспектом современных технологий. Оно обеспечивает возможность надежной связи на больших расстояниях, точного навигационного определения и мониторинга окружающей среды, что содействует развитию различных отраслей промышленности и науки.

Сигнал времени Бета — это служба сигналов точного времени, работающая на сверхдлинных волнах с диапазоном частот 25кГц. Была создана для связи с подводными лодками. Станции, применяющие данную службу, находятся на территориях стран СНГ. На данный момент таких станций шесть (ГОЛИАФ, ТИТАН, АНТЕЙ, ГЕРКУЛЕС, ПРОМЕТЕЙ, ОКЕАН), они по определённому расписанию передают сигналы времени и другие сообщения [17]. Система имеет двойное назначение – те же передатчики используются для односторонней связи с подводными лодками.

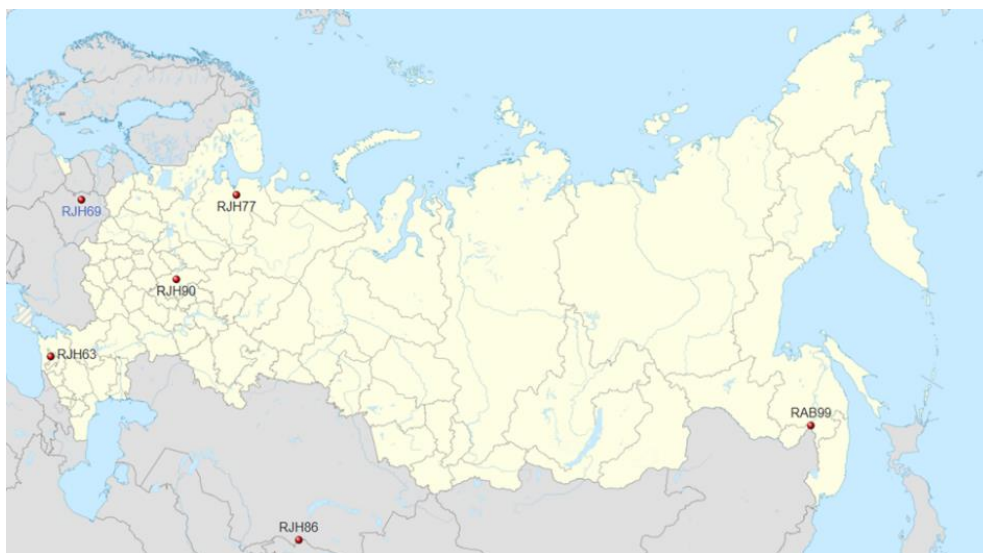


Рисунок 2.11 – Местонахождение станций, работающих на сверхдлинных волнах

Каждый передатчик имеет запланированные сеансы передачи сообщений, в сутки один либо два сеанса которые имеют продолжительность 31-41 минут, в зависимости от передатчика всего за сутки происходит 8 сеансов.

Данная служба работает так. Начало часа - 15–20 минут на частоте 25,0 кГц, включая код Морзе (идентификационный номер станции) и временной код. За этим следуют 3- или 4-минутные интервалы 25,1, 25,5, 23,0 и 20,5 кГц немодулированной несущей с точной синхронизацией по фазе по шкале времени UTC (SU). В течение последней четверти часа временной код не отправляется [18].

Временной код состоит из серии сигналов на нескольких частотах. Передача начинается в начале часа. Каждый раз, когда выбирается новая частота,

происходит 1- минутная передача низкой мощности, пока передатчик настраивается, затем начинается передача на полной мощности.

Предполагается, что передатчики будут работать при мощности 1000 кВт, достигая 30–50 кВт EIRP. (Разница обусловлена низкой эффективностью антенн на этой частоте, которая должна быть намного меньше, чем длина волны 12 км.)[18]

Временной код состоит из серии импульсов несущей:

1. Каждые 100 мс передаётся пакет несущей 25 мс.
2. Каждую секунду передается пакет несущей 100 мс.
2. Каждые 10 с передается пакет несущей 1 с.

Каждую минуту передается 10-секундный пакет несущей.

Все задумки Николы Теслы, которые он так страстно хотел осуществить, остались в прошлом, но почему бы не попробовать воплотить это в реальность, хотя и не так глобально. Так как до сих пор используют передатчики, оставшиеся с времен Советского Союза со сверхдлинными волнами, которые отправляют некий сигнал в определенное время, мы можем узнать насколько сильно доходит данный сигнал до нашей выбранной точки, измерить данную амплитуду в ряде точек, и на основе сделанных измерений установить будут ли образовываться стоячие волны. Точки для измерений могут находиться на границе Казахстана и Кыргызстана примерно 320 километров от г. Алматы. В выбранной нами точке мы установим антенну для приёма СДВ, будет служить приёмной системой, к которому подсоединен мною созданный приемник, затем в определенный момент времени, мы примем сигнал от ближайшей станции в Кыргызстане, далее возьмем интервал расстояний величиной примерно 12 километров, чтобы измерить другие полученные значения, и тем самым измерив несколько точек, получив определенные результаты по графику мы увидим, образуются ли там стоячие волны. Примерная конструкция данного эксперимента показана на рисунке 2.6 , также на рисунках 2.7 и 2.81 показано точное расположение того места, где должен проводится данный эксперимент. Если данный эксперимент окажется положительным, мы сможем использовать никому ненужную энергию в своих целях, так как данная энергия рассеивается просто в толщу земли.

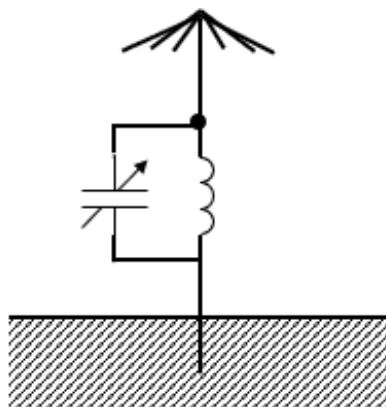


Рисунок 2.12 – Конструкция приёмной системы



Рисунок 2.13 – Местонахождение станции RJN86

3 Проектирование приемника амплитуды

3.1 Разработка принципиальной электрической схемы приёмника

Перед тем как начать работать над созданием приемника, я нарисовала функциональную электрическую схему будущего приемника. На функциональной схеме можно увидеть взаимосвязь между блоками в схеме. Так как в электрической схеме мы видим все электрические соединения и компоненты, а во в функциональной схеме мы акцентируем внимание на функциональную часть системы.

Моя функциональная схема относится к простому классу структур радиоприемников. Рассмотрим каждый блок по отдельности:

Принимающая антенна. Принимает сигнал от передающей антенны.

Входной контур. Ослабляет не нужные сигналы, а также выбирает нужным диапазон частот.

Смеситель. Соединяет входной сигнал с сигналом, поступающим из синтезатора частоты, это нужно для того, чтобы преобразовать частоту входного сигнала в промежуточную частоту, данные действия необходимы для дальнейшей более простой обработки сигнала.

Синтезатор частоты. Генерирует точную частоту, которая нужна для смесителя, и для того, чтобы приемник настраивался на различный диапазон частот синтезатор частоты управляется микроконтроллером.

Фильтр низкой частоты. Фильтрует сигнал промежуточной частоты, срезая лишний шум, а также высокочастотные составляющие, эти действия необходимы для улучшения качества сигнала.

Операционный усилитель. Усиливает сигнал, который был отфильтрован до того уровня, который необходим для дальнейшей обработки сигнала.

АЦП. Преобразует аналоговый сигнал в цифровую форму, что бы дальше этот сигнал поддавался цифровой обработки.

Микроконтроллер. Управляет работой всех блоков системы. Обработывает цифровые данные от АЦП, а также для настройки частоты приемника взаимодействует с синтезатором частоты.

Экран. Показывает информацию о принимаемом сигнале. В нашем случае показывает значение амплитуды.

Работа приемника будет выглядеть следующим образом – сигнал с антенны будет поступать на входной контур, который фильтрует его и далее передает на смеситель. Затем смеситель преобразует частоту сигнала, используя частоту от синтезатора частоты. Полученный сигнал с промежуточной частотой проходит через ФНЧ, тем самым срезаются все ненужные высокочастотные компоненты. Далее полученный сигнал усиливается и передается на АЦП, где преобразуется в цифровую форму. В итоге микроконтроллер обрабатывает полученные цифровые данные и управляет синтезатором частоты для точной настройки. И на экране мы видим результат всей работы приемника. Функциональная схема приемника показана на рисунке 3.1.

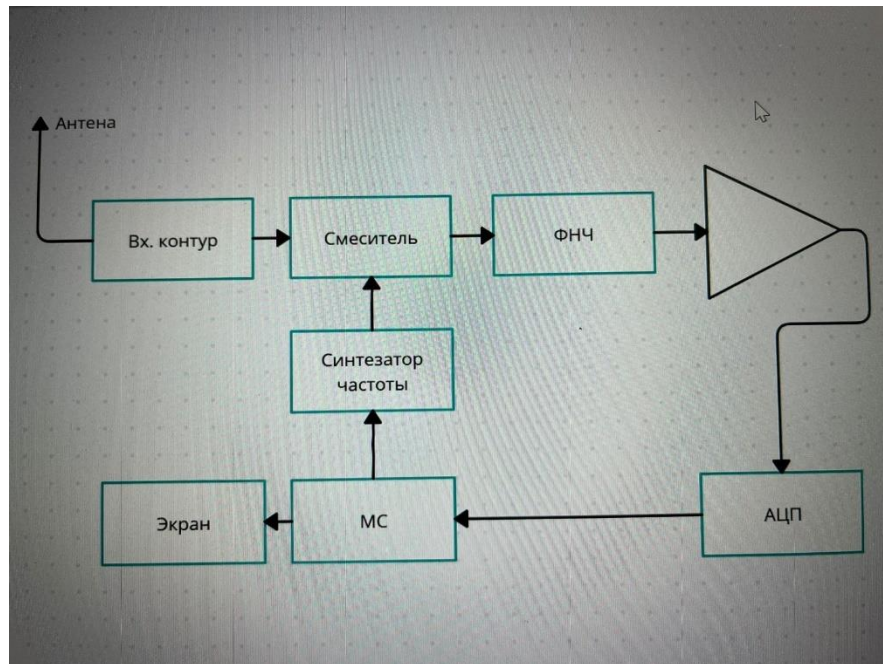


Рисунок 3.1 – Функциональная схема приемника

Для начала разрабатывалась аналоговая часть схемы, что показано на рисунке 3.2.

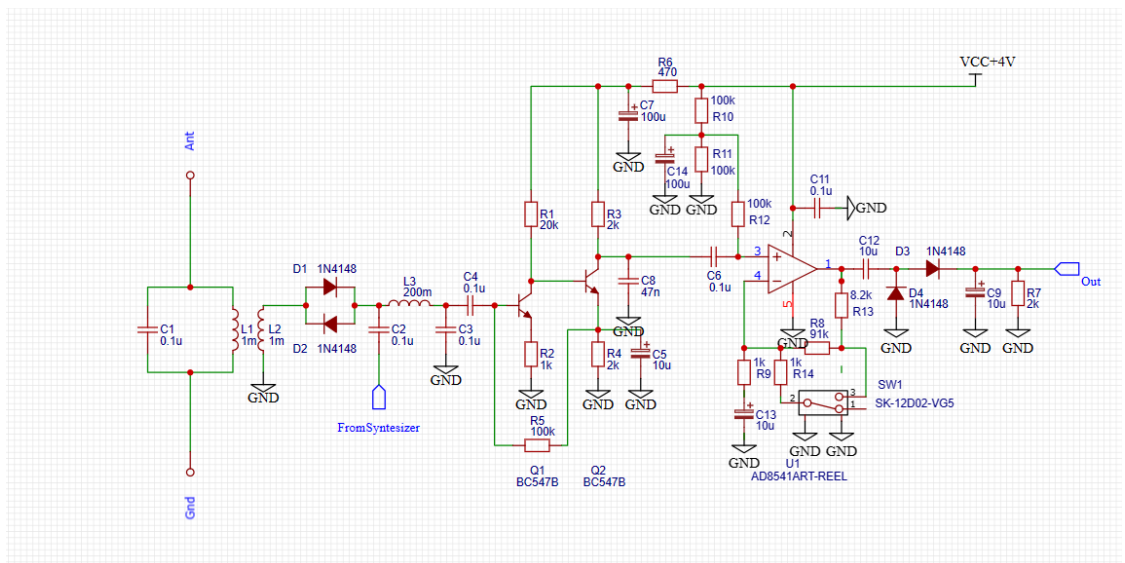


Рисунок 3.2 – Аналоговая часть схемы

Простой входной контур $L1C1$ непосредственно связан с приёмной антенной, а также со смесителем и через вторичную обмотку $L2$ – так согласовывается высокое сопротивление контура с низким сопротивлением смесителя и антенны. Смеситель на встречно-параллельных диодах $VD1$ - $VD2$ (1N4148) позволяет выделять разностную частоту. Через конденсатор $C2$ сигнал с синтезатора поступает на смеситель, и тот же $C2$ входит в состав фильтра низкой частоты (ФНЧ) $C2L3C3$ с частотой среза около 3 кГц. Дроссель $L3$

наматывается на ферритовый сердечник с проницаемостью 1000 размером 22x11x5 мм. С помощью челнока наматывается 200 витков. Далее припаять катушку к схеме, прозвонить, и далее катушку L3 закрепляют на плате термоклеем.

УНЧ состоит из предусилителя и окончатального усилителя. Выход и вход предусилителя связан отрицательной обратной связью (ООС) R5, которая выставляет режим транзисторов по постоянному току. Конденсатор C5 ослабляет ООС, что поднимает коэффициент усиления. Конденсатор C8 образует дополнительный ФНЧ, ослабляя мешающие сигналы в районе нескольких килогерц. Далее благодаря окончатальному усилителю переменного тока будем усиливать синусоидальный сигнал по мощности, и так как у нас не инвертирующий усилитель, то входной сигнал будет усиливаться без изменения фазы. Коэффициент усиления будет 10 и 100. Затем следует выпрямитель, который преобразует переменный ток в постоянный. Затем сглаживающий конденсатор C9 уменьшает пульсации.

После того как закончилась сборка аналоговой части, приступила к цифровой части схемы, собранная схема показана на рисунке 3.3.

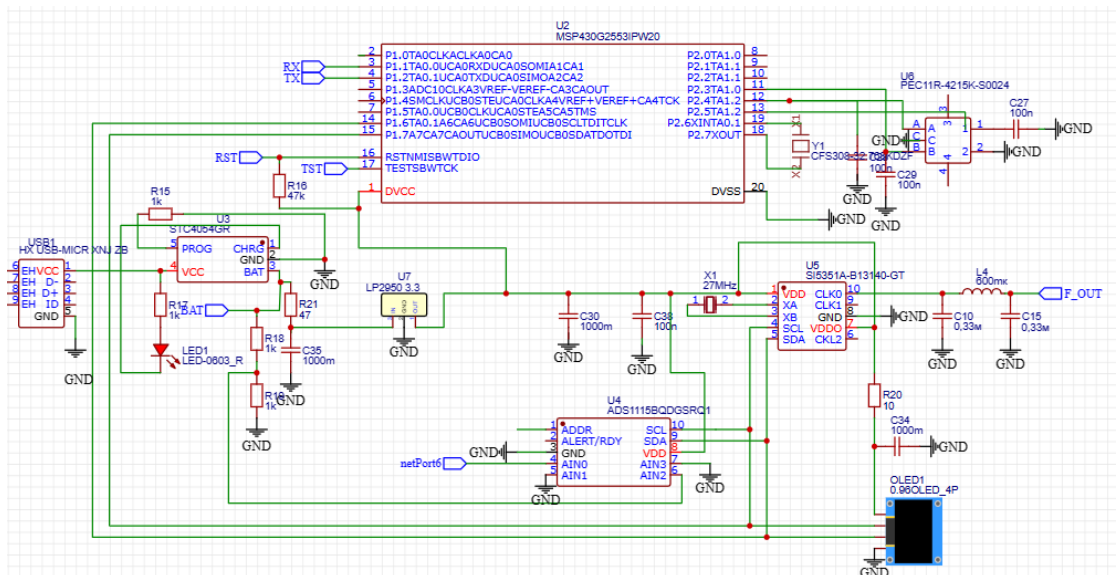


Рисунок 3.3 - Цифровая часть схемы

Микроконтроллер MSP430. Является процессором, предназначенным для обработки как аналоговых, так и цифровых сигналов, он имеет 16 - битную архитектуру, напряжения его питание находится в диапазонах от 1,8 до 3,6 В, данный вид микроконтроллера имеет очень маленькое энергопотребление. И благодаря тому, что этот вид микроконтроллера спокойно работает от маломощного источника питания, его выбирают для измерительных приборов, портативных медицинских устройств, спортивного оборудование. Показан на рисунке 3.4.



Рисунок 3.4 - Микроконтроллер MSP430

Модуль АЦП. В схеме АЦП необходим для преобразования аналоговых сигналов в цифровые для того, чтобы микроконтроллер, а так же другие устройства считывали и обрабатывали поступившую аналоговую информацию. Преобразование происходит за счет квантования аналогового сигнала, это значит, что происходит преобразование мгновенных значений аналогового сигнала в цифровой код, который обрабатывается либо сразу используется цифровыми устройствами. К основным характеристикам АЦП относятся число разрядов, которое определяет разрешающую способность преобразователя, и время преобразования, которое является интервалом времени от момента заданного изменения сигнала на входе АЦП до появления на его выходе соответствующего устойчивого кода. Эти параметры важны для определения точности и скорости преобразования аналогового сигнала в цифровой. ADS1115BQDGSRQ1 относится к интегральной микросхеме 16-битного аналого-цифрового преобразователя (АЦП), производимой компанией Texas Instruments. Этот чип используется для точного преобразования аналоговых сигналов в цифровую форму. Данный модуль представлен на рисунке 3.5.

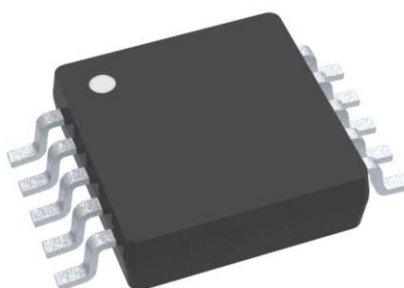


Рисунок 3.5 - Модуль АЦП

Линейный регулятор. Линейный регулятор в электронной схеме используется для поддержания постоянного уровня напряжения на выходе при изменении входного напряжения или нагрузки. Он обеспечивает стабильность и защиту для подключенных устройств, предотвращая перенапряжение или недостаточное напряжение. Линейные регуляторы широко применяются в электронике, включая их использование в источниках питания, блоках питания для микроконтроллеров, в радиоэлектронных схемах и других устройствах, где очень важна их критическая работа. Линейный регулятор представлен на рисунке 3.6.



Рисунок 3.6 - Линейный регулятор

Энкодер. Он преобразует механическое вращение вала в электрические сигналы, которые затем могут быть обработаны микроконтроллером. Энкодеры могут быть как абсолютными, так и инкрементальными. Абсолютные энкодеры сообщают о точном положении вала в любой момент времени, а вот инкрементальные выбирают сигналы которые позволяют определять изменение положения, но не абсолютное положение. Энкодер представлен на рисунке 3.7.



Рисунок 3.7 - Энкодер

Модуль заряда аккумулятора. Он необходим для безопасной и эффективной зарядки аккумуляторных батарей, и для управления зарядным

процессом, так - же он может производить мониторинг состояния аккумулятора, это все особенно важно в литий - ионных, а так же в литий - полимерных аккумуляторах. Он контролирует процесс зарядки, обеспечивая правильное напряжение и ток, что предотвращает перезарядку и повреждение аккумулятора. Модуль заряда аккумулятора показан на рисунке 3.8.

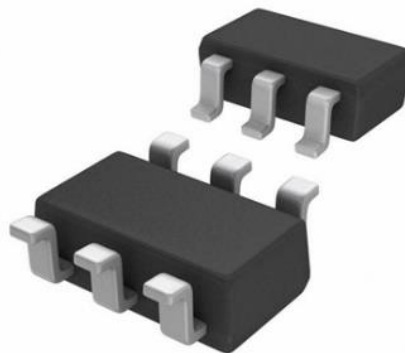


Рисунок 3.8 - Модуль зарядов аккумулятора

HX USB-MICR XNJ ZB: Это продукт компании hanxia, который представляет собой микро-USB-разъем. Он поддерживает USB 2.0, имеет ток 1.8 А и предназначен для поверхностного. Разъем имеет 5 контактов и работает в диапазоне температур от -30°C до +80°C. Этот разъем также соответствует стандарту ROHS.

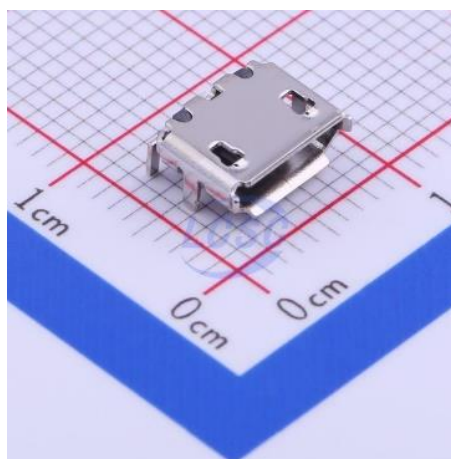


Рисунок 3.9 - Модуль USB

Экран. В OLED-дисплеях используется OLED (органический светоизлучающий диод). Главная особенность OLED-дисплея в том, что он не требует подсветки. Следовательно, мы получаем хорошую контрастность в OLED-дисплее. Кроме того, он потребляет меньше энергии. Таким образом, этот

дисплей используется в приложениях с низким энергопотреблением. OLED потребляет энергию только на количество пикселей, которые подсвечиваются, поэтому энергопотребление сильно зависит от того, сколько пикселей вы используете для отображения текста, а также от уровня яркости.



Рисунок 3.10 - Экран

3.2 Разработка печатной платы приёмника

Разработка печатной платы происходила не автоматически, а самостоятельно при помощи программы EasyEDA. Для начала спроектировав схему аналоговой части, была начата работа над печатной платой, разметив все детали примерно так же, как они находятся на схеме, что бы удобнее читалась плата. Далее соединила все элементы дорожками, аналоговую часть платы решила сделать однослойной, так как получилось соединить все элементы, так же на печатной плате сделала специальные отверстия для выводных элементов, что бы в будущем на готовой печатной плате были эти отверстия. На выбор размера печатной платы пал размер самого корпуса приемника, тем самым делала аналоговую и цифровую плату почти одинакового размера, соответствующего моему корпусу. Имеются как SMD детали, так и выводные. Размеры данной платы - длина 94 мм, высота 63,5 мм, толщина 1,6 мм. Аналоговая часть платы представлена на рисунке 3.11.

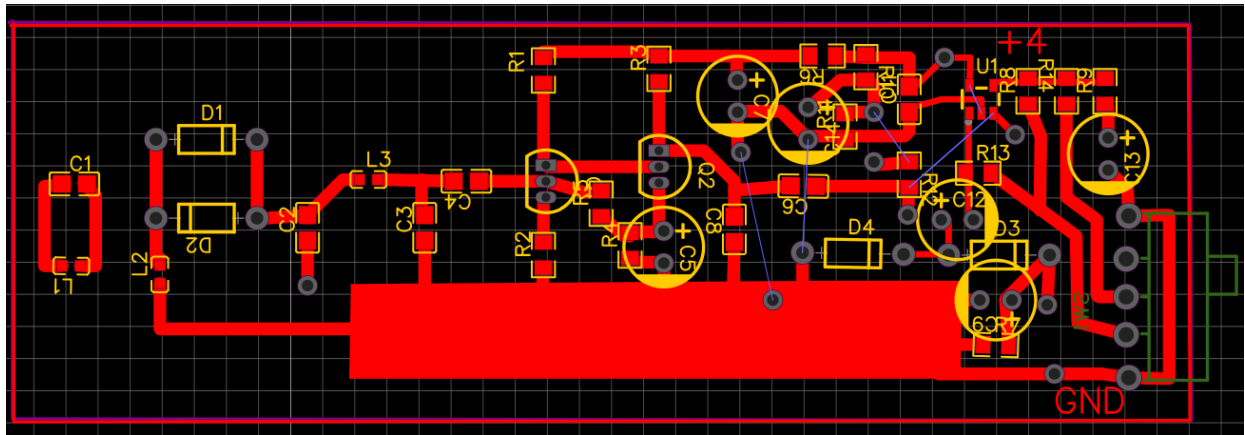


Рисунок 3.11 - Аналоговая часть печатной платы

Цифровую часть платы начала делать после того как проверила полное рабочее состояние аналоговой части, спроектировав схему цифровой части, начала расставлять элементы на плате, далее дорожками соединила элементы, но так как много многовыводных деталей, пришлось цифровую часть платы сделать двухслойной, что - бы получилось соединить все детали. Также при помощи функции via, были соединены два слоя платы, так как много дорожек пересекались, via была использована достаточно много раз. На данной плате находятся, как SMD детали, так и выводные. Размеры данной платы – длина 94 мм, высота 63,5 мм, толщина 1,6 мм. Цифровая часть платы представлена на рисунке 3.12.

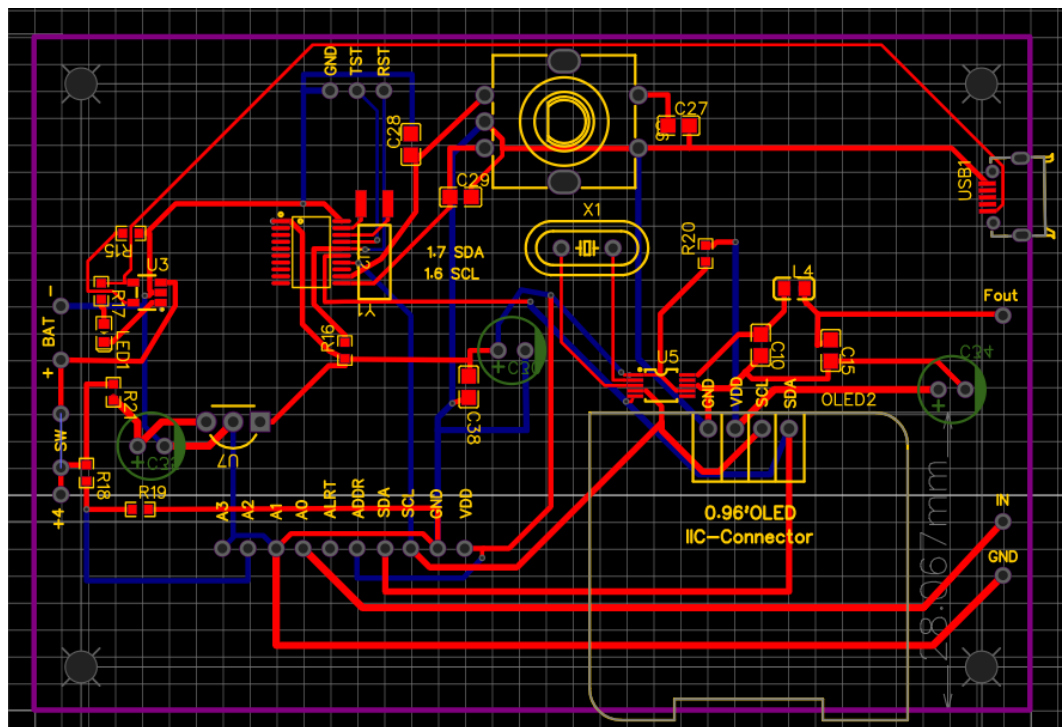


Рисунок 3.12 - Цифровая часть печатной платы

3.3 Создание действующей макетной реализации приёмника

Этап 1. Создание аналоговой макетной платы методом ЛУТа, пайка всех элементов, проверка рабочего состояние аналоговой макетной платы, устранение неполадок.

После того как плата была нарисована и проверена, была произведена печать платы на глянцевую бумагу при помощи лазерного принтера. Далее из куска текстолита была вырезана подложка по размерам платы, далее лазерно - утюжной методикой была перенесена краска на готовый кусок текстолита. Показано на рисунке 3.13.



Рисунок 3.13 - Прогревание напечатанной платы, для того что бы краска прилипла к текстолиту

Через несколько минут прогревания листа с краской краска отпечаталась на текстолите, после этого бумага была аккуратно смыта с текстолита, что - бы сохранить краску, далее те места которые были полностью не соединены, дорисовала фломастером. Показано на рисунке 3.14.

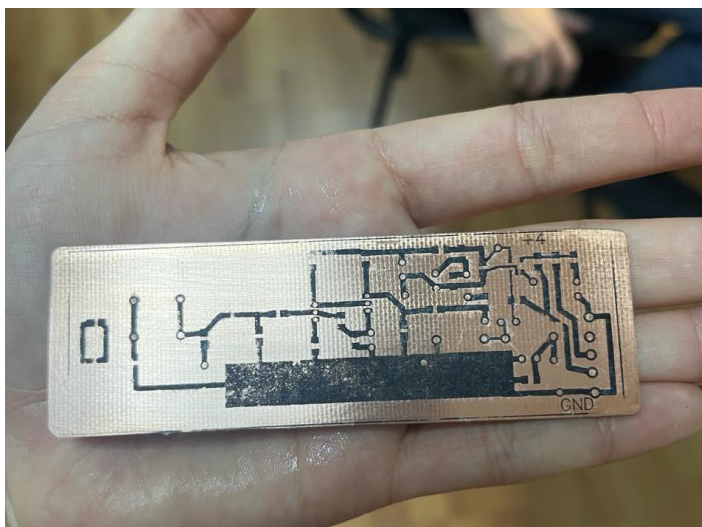


Рисунок 3.14 - Очищенный от бумаги текстолит

Для того что бы вытравить плату, я использовала раствор хлорного железа, в определённом соотношении развела горячую воду с хлорным железом, поместила туда будущую плату, и периодически помешивала все это. Это нужно для того, чтобы вытравить всю медь из куска текстолита. Показано на рисунке 3.15.

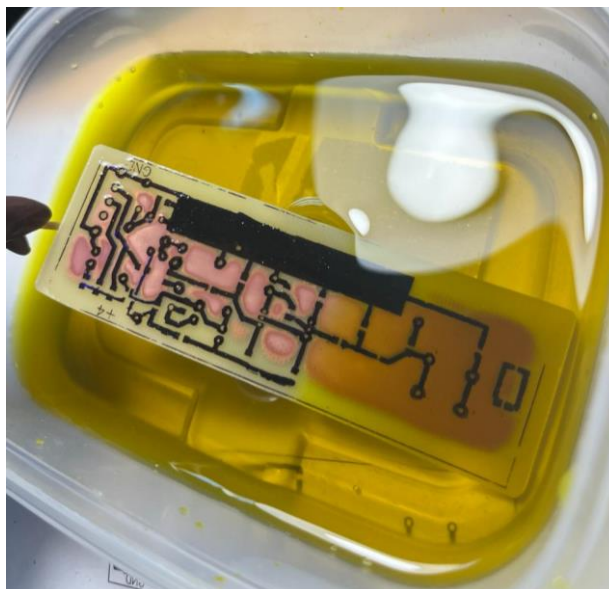


Рисунок 3.15 - Травление печатной платы

Далее специальным раствором избавились от ненужной краски и получилась почти готовая печатная плата, которую осталось только залудить.

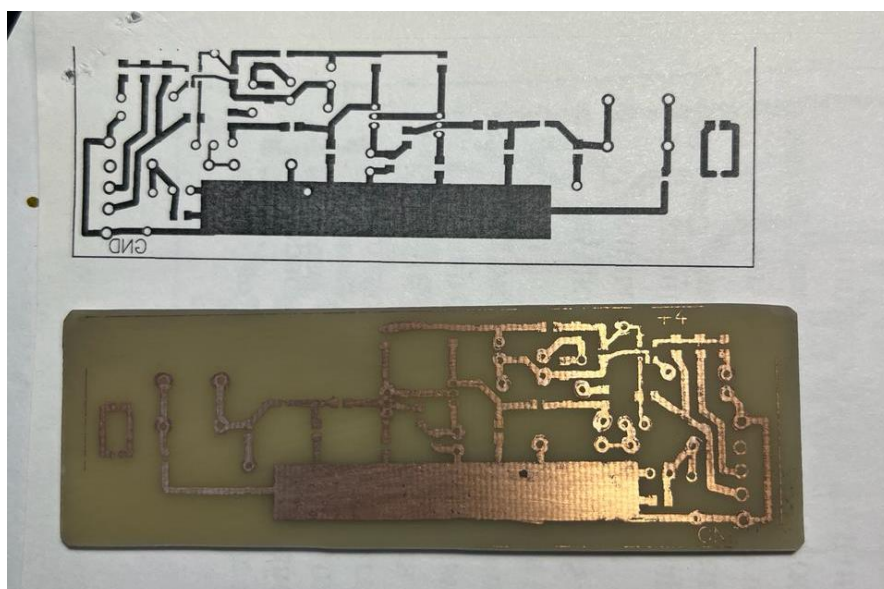


Рисунок 3.16 - Вытравленная печатная плата, был убран слой краски

После всех проделанных манипуляций я залудила все дорожки на плате, после чего проделала при помощи сверла нужные мне отверстия. Показано на

рисунке 3.17



Рисунок 3.17 - Процесс сверления отверстий

Уже на полностью готовой к работе плате сначала я запаяла все SMD детали, затем выводные.



Рисунок 3.18 - Припаянные SMD детали

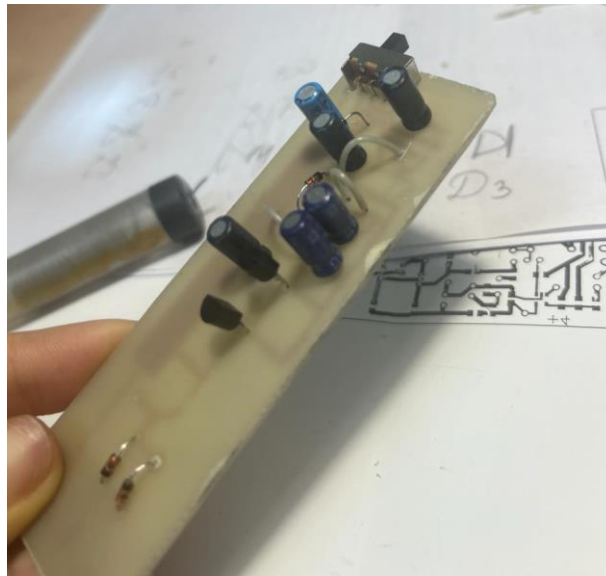


Рисунок 3.19 - Припаянные выводные детали

Затем, когда данная аналоговая часть схемы была полностью готова, при помощи осциллографа начали проверять работоспособность на практике данной платы, в ходе работы были выявлены ошибки монтажа, из - за чего не получалось усилить и выпрямить поступающий сигнал, но в итоге после того как был произведен прозвон каждой детали, ошибка была выявлена, и аналоговая часть схемы была закончена и готова к заказу промышленной печати платы.

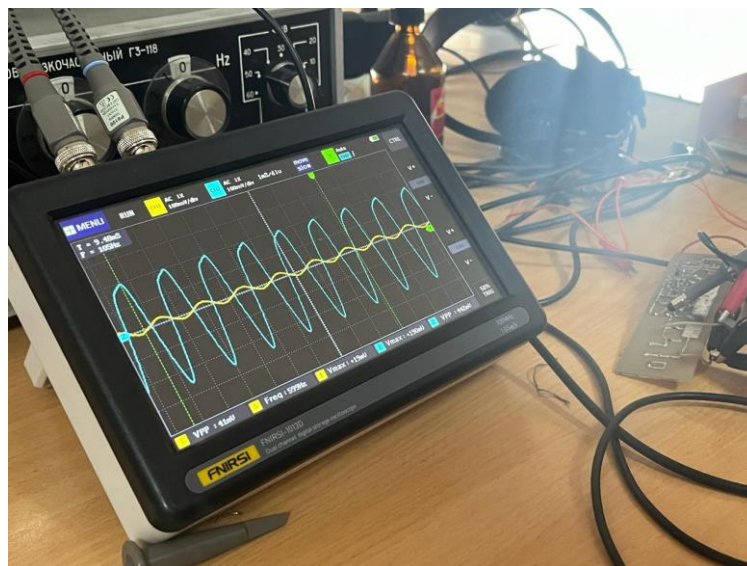


Рисунок 3.20 - Отладка аналоговой части схемы

Этап 2. Создание цифровой платы на макете, проверка рабочего состояние, проверка рабочего состояния вместе с кодом.

После того как цифровая часть схемы была полностью спроектирована, было принято решение сделать ее макетную часть на макетной плате.

Полностью собрав схему со всеми входящими в нее элементами,

проверили ее на рабочее состояние через USB шнур, подсоединив к ноутбуку, убедившись что на экране отображаются значения, а так же энкодер полностью выполняет свою функцию, а нашем случае шаг частоты составляет 1000 Гц, а если нажать на кнопку энкодера то шаг частоты будет 100 Гц.

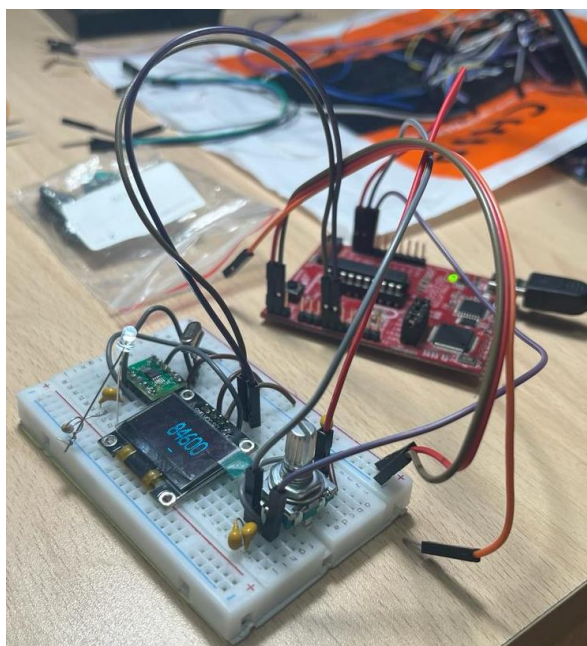


Рисунок 3.21 - Проверка синхронизации написанного кода и цифровой части схемы

Этап 3. Написание кода для цифровой платы.

Для управления микроконтроллером MSP430, который находится в цифровой части моей схемы, был написан код. Для нашего микроконтроллера была выбрана программа Code Composer Studio 9.3.0, в которой и писался код.

Composer Studio 9.3.0 – это среда разработки, была создана для написания программного обеспечения, среда была создана для работы с микроконтроллерами и микропроцессорами. В данной программе достаточно обширный выбор набора инструментов, так - же есть возможность отладить и оптимизировать код. Программа для микроконтроллера была написана на языке C.

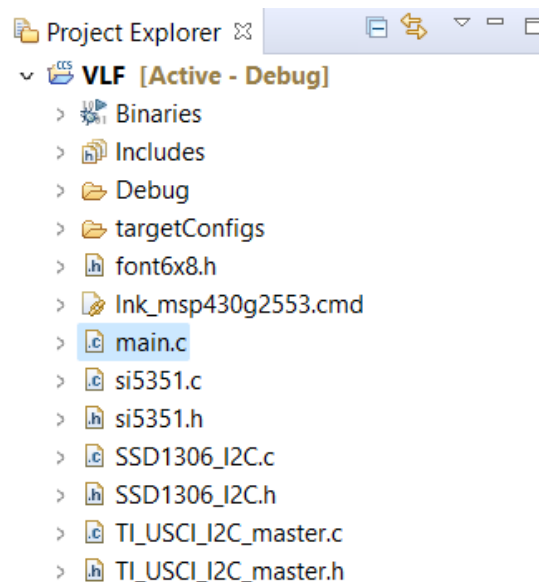


Рисунок 3.22 - Библиотека написанного кода

Этап 4. Получение готовых плат, сборка приемника в исходный вид, проверка полностью готового приемника.

После получения готовых плат приступили к пайке всех компонентов, и проверки рабочего состояния плат. Далее прошел процесс сборки приемника, готовые платы устанавливались в корпус. В самый низ была установлена аналоговая часть платы, а поверх нее цифровая. Так же было вырезано место под экран на крышке корпуса. Платы в корпус крепились при помощи стоек.



Рисунок 3.23 - Корпус приемника

Размеры стоек были выбраны так что бы две части приемника полностью помещались в корпус, а так же что бы все детали не мешали друг другу и выбор пал на стойки размерами 25 мм. Соединение двух плат показано на рисунке 3.24.

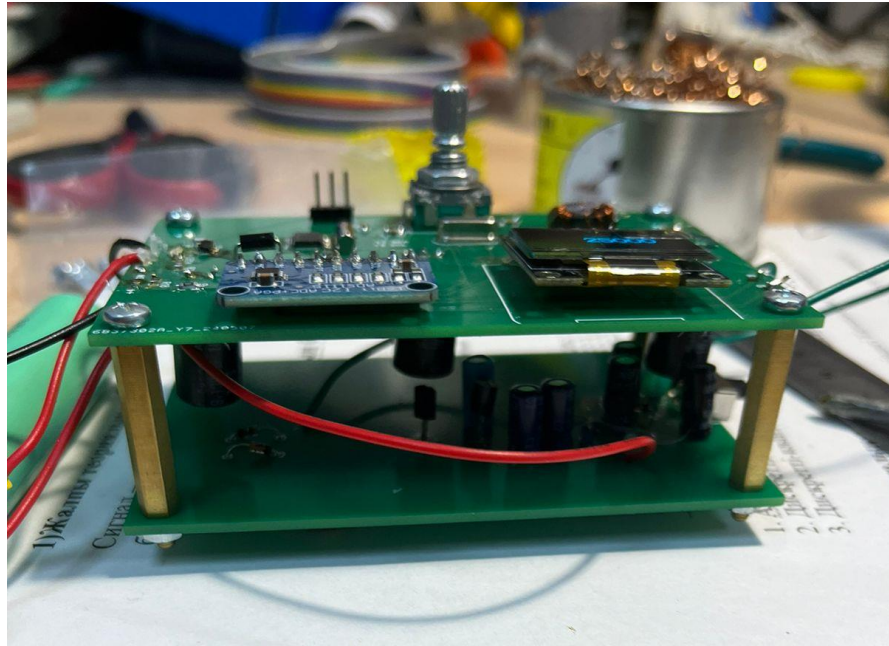


Рисунок 3.24 - Соединение двух плат

Далее проверив рабочее состояние объединённых плат, мой приемник был помещен в корпус который был специально приобретён по размерам моего будущего приемника, готовый вид приемника в корпусе показан на рисунке 3.25.



Рисунок 3.25 - Приемник амплитуды сверхдлинных электромагнитных волн

3.4 Тестирование приемника

Последним из этапов создание приемника амплитуды сверхдлинных электромагнитных волн, является его тестирование на работоспособность.

Подключив приемник к генератору сигналов, проверялось получение сигнала, и насколько он выпрямляется. Затем как взаимодействуют две части платы друг с другом и как работает приемник.

Для начала поочередно было проведено тестирование двух плат по отдельности на их рабочее состояние. Были проведены устранения неполадок, как в аналоговой части так и в цифровой. В итоге две платы по отдельности начали работать стабильно без перебоев.

В цифровую часть платы загрузился написанный код, затем подключив к питанию, экран начал выдавать нужное значение частоты в 25кГц. Что показано на рисунке 3.26

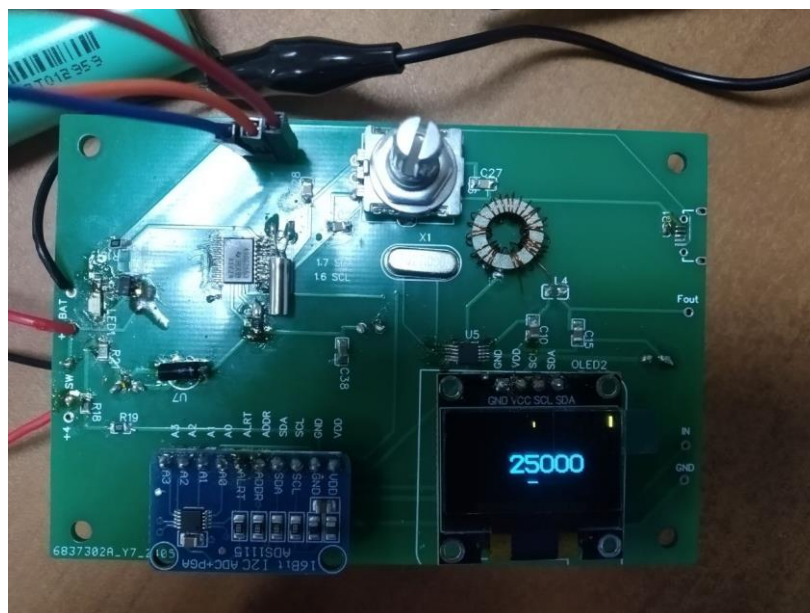


Рисунок 3.26 - Стабильное рабочее состояние цифровой части приемника

Так же из цифровой части платы выходит стабильный сигнал которого мы добивались в течении всей проделанной работы. Данный сигнал показан на рисунке 3.27

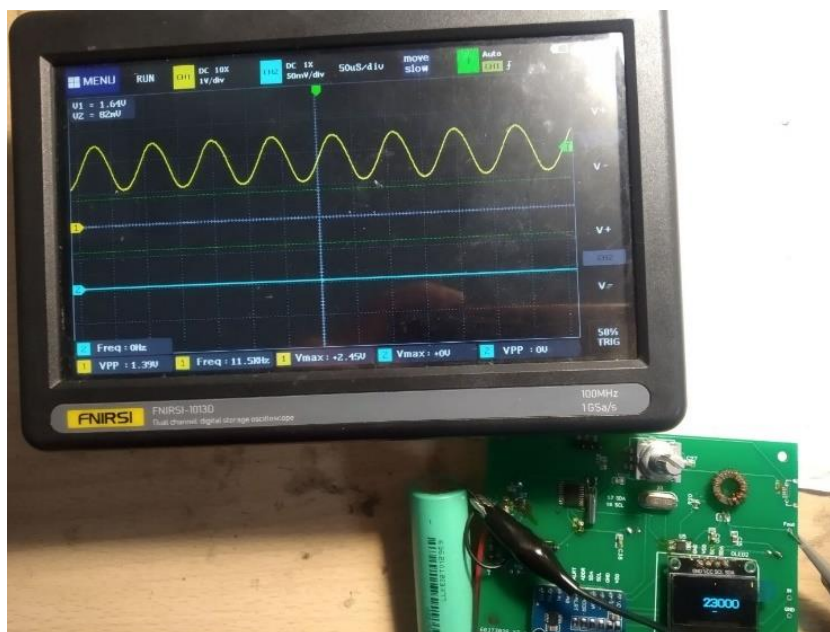


Рисунок 3.27 - Выходной сигнал

Самое последнее тестирование приемника прошло успешно, а выходе мы видим значение амплитуды которой добивались с самого начала, а так же видим и принимаемый сигнал, рабочее состояние приемника показано на рисунке 3.28.

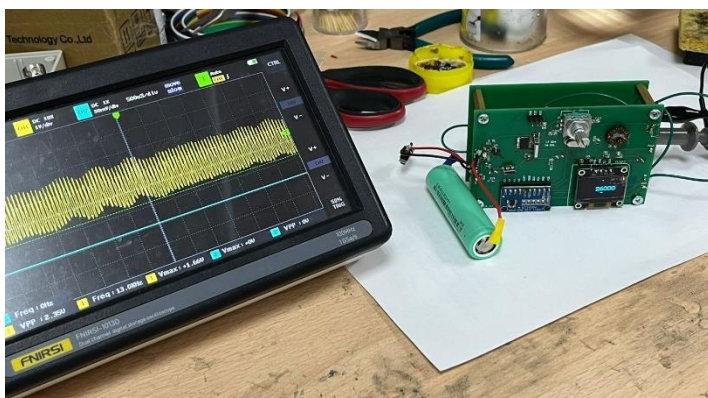


Рисунок 3.28 - Приемник в рабочем состоянии

Тестирование приемника будет продолжаться дальше, по эксперименту Теслы, будет создана конструкция приёмной антенны. При помощи моего приемника будут приниматься СДВ сигналы определенной амплитуды, приёмник выдаёт значение измеренной амплитуды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе подготовки и написания дипломного проекта было изучена информация о электромагнитных волнах, в частности сверхдлинных, их особенности, характеристики, использование, так - же была изучена экспериментальная часть с беспроводной передачей энергии по задумкам Николы Теслы.

В рамках дипломного проекта были спроектированы две платы, одна из которых аналоговая, другая цифровая. Цифровая часть платы была связана с микроконтроллером и программой по написанию кода Code Composer Studio 9.3.0. Было запущено тестирование приемника, в результате которого получили значение принимающих амплитуд.

Анализ результата показал, что приемник обладает высокой чувствительностью, точностью в показаниях, и стабильностью в работе. Полученные данные могут быть использованы для дальнейшего большого эксперимента по задумкам Николы Теслы.

Таким образом можно заключить что проделанная за все это время работа по проектированию приемника амплитуды сверхдлинных электромагнитных волн была проделана успешно и с реализацией всех необходимых вопросов и заданий, поставленных мне на период выполнения данной работы.

Подводя окончательный итог, можно сделать вывод что приемник полностью готов к использованию, а так же при должной оптимизации его габаритов он занимает минимум места но при этом у него достаточный уровень информативности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов. Маркони или Тесла: кто же изобрел радио? // OnWaves с Оксаной Ференчук. URL: <https://dzen.ru> (дата обращения: 26.01.2024).
2. Электромагнитные волны: что это такое, свойства, формулы, применение [Электронный ресурс] // Ассоциация специалистов по управлению производственными процессами. URL: <https://asutpp.ru> (дата обращения: 01.02.2024).
3. Preparation of Papers for JMOe [Электронный ресурс] // International Journal of Scientific Development and Research. URL: <https://ijsdr.org> (дата обращения: 01.03.2024).
4. Радиоволны [Электронный ресурс] // Википедия. URL: <https://wikipedia.org> (дата обращения: 05.03.2024).
5. Биография Николы Теслы сербско-американского изобретателя. [Электронный ресурс]. — URL: <https://greelane.com> (дата обращения: 03.03.2024).
6. Поляков В. Тунгусская катастрофа — дело рук человеческих? // Юный техник. 2002. № 6. URL: http://jtdigest.narod.ru/dig4_02/tesla.htm (дата обращения: 09.03.2024).
7. Поляков В.Т. Продольные электромагнитные волны на земной поверхности // CQ-QRP. 2008. № 24. Осень. (дата обращения: 09.04.2024).
8. Grekmipt. Как работала Башня Тесла по передаче энергии — собственное «расследование» [Электронный ресурс] // Хабр. URL: <https://habr.com/ru/articles/205900/> (дата обращения: 09.03.2024)
9. Жигалов В.А. Глобальная беспроводная система передачи электроэнергии уже работает? // CQ-QRP. 2022. № 79. Лето. (дата обращения: 26.03.2024).
10. VLF радиостанции СССР/РФ. URL: <https://janto.ru/repository/015/annex-n.html>. (дата обращения: 26.03.2024).
11. Jacobsen T. The Russian VLF time-signal stations «Beta» // ALFLAB Halden in Norway. [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.vlf.it/russianvlf/russianvlf.htm>. (дата обращения: 27.03.2024).
12. Митрохин В.Н. Электродинамика и распространение радиоволн: учебное пособие. М.: Рудомино, 2013. 208 с. (дата обращения: 27.03.2024).
13. Сверхдлинные волны - теоретические сведения // Мои увлекательные и опасные эксперименты. [Электронный ресурс]. — URL: <https://foxylab.com> (дата обращения: 02.04.2024).
14. . Воронин А. Теоретические сведения о сверхдлинных волнах [Электронный ресурс] // Мои увлекательные и опасные эксперименты. URL: <https://acdc.foxylab.com/node/72> (дата обращения: 02.04.2024).
15. Радиосвязь с подводными лодками. Часть 1: Общий обзор. (дата обращения: 10.04.2024).
16. Радиосвязь с подводными лодками. Часть 2: Общий обзор. (дата обращения: 10.04.2024).

17. Бета (служба времени) // Википедия. [Электронный ресурс]. — URL: <https://wikipedia.org> (дата обращения: 11.04.2024).

18. Сигнал времени Бета. [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.bing.com/search?q=Сигнал+времени+Бета+&form=ANNTN1&refig=1986a4fa9f3049b18842d93a3c707b16&pc=NMTS> (дата обращения: 12.02.2024).

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на дипломную работу

Стремоусовой Виктории Юрьевны

Специальность 6В06201 – Телекоммуникация

«Разработка измерителя амплитуды электромагнитных сверхдлинных волн»

В дипломной работе был выполнен обзор применений и свойств сверхдлинных волн (СДВ), проектирование приёмника – измерителя амплитуды СДВ, а также разработка двух макетных реализаций приёмника, включая разработку принципиальной схемы, печатных плат и программы микроконтроллера.

Использование сверхдлинных волн для передачи сигналов точного времени и связи с подводными лодками может иметь дополнительные возможности – получение в различных точках Земли энергии сверхдлинных волн от их передатчиков. Обычно практически вся энергия СДВ теряется при передаче, но в случае образования стоячих волн на поверхности Земли возможно использование этой энергии небольшими по размерам приёмными станциями. Разрабатываемый в рамках данного дипломного проекта приёмник будет использоваться в экспериментах по поиску стоячих сверхдлинных волн на частоте системы «Бета» (25 кГц).

Текст дипломной работы содержит введение, обзорную часть, описания проектирования, макетирования и отладки приёмника СДВ. Основные выводы содержатся в заключении. Две макетные реализации приёмника работают.

Дипломная работа Стремоусовой Виктории Юрьевны может быть рекомендована к защите с присвоением ей академической степени бакалавра по образовательной программе 6В06201 – «Телекоммуникация» и оценивается на оценку 95 (отлично).

Научный руководитель:

ассоц. профессор, к.т.н

Жигалов В.А.

«29» мая 2024 г.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

РЕЦЕНЗИЯ

На дипломную работу

Стремоусова Виктория Юрьевна

Специальность 6В06201 – Телекоммуникация

На тему: «Разработка измерителя амплитуды электромагнитных сверхдлинных волн»

Выполнено:

- а) теоретическая часть на 20 листах
- б) практическая часть на 17 листах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

В работе студента Стремоусовой Виктории Юрьевны дается проектирование приемника для амплитуда сверхдлинных электромагнитных волн.

Не приведена структурная и функциональная схема приемника.

Оценка работы

Студент показал хорошее знание теоретического материала, работа выполнена согласно задания ДП, соблюдены все стандарты университета по написанию дипломных работ.

Считаю, что дипломная работа выполнена на отлично (А, 92%), а дипломат, Стремоусова Виктория, заслуживает присвоения академической степени бакалавра телекоммуникации. 6В06201 – Телекоммуникация.

Рецензент

к.т.н., профессор

АУЭС имени Л.Н.Тукеева

Бакишев А.С.

«23»



Қолтаңбаны растаймын
Подпись заверяю

Кызметі Шамыев З.Ю.
«30» 05 аты-жөні
2024ж.

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагияттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Стремоусова Виктория Юрьевна

Тақырыбы: Разработка измерителя амплитуды электромагнитных сверхдлинных волн

Жетекшісі: Сұңғат Марксұлы

1-ұқсастық коэффициенті (30): 7.1

2-ұқсастық коэффициенті (5): 2.8

Дәйексөз (35): 1

Әріптерді ауыстыру: 6

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 39

Ақ белгілер: 3

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

29.05.2024

Күні

Ерлан Таштай

Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Стремоусова Виктория Юрьевна

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Разработка измерителя амплитуды электромагнитных сверхдлинных волн

Научный руководитель: Сұңғат Марқсұлы

Коэффициент Подобия 1: 7.1

Коэффициент Подобия 2: 2.8

Микропробелы: 39

Знаки из других алфавитов: 6

Интервалы: 0

Белые Знаки: 3

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

29.05.2024

Дата

Сұңғат Марқсұлы
проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Стремоусова Виктория Юрьевна

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Разработка измерителя амплитуды электромагнитных сверхдлинных волн

Научный руководитель: Сунгат Марксұлы

Коэффициент Подобия 1: 7.1

Коэффициент Подобия 2: 2.8

Микропробелы: 39

Знаки из других алфавитов: 6

Интервалы: 0

Белые Знаки: 3

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

29.05.2024

Дата

Ерлан Таштай

Заведующий кафедрой

