

2024

GBPS



ISBN:- 978-1-957653-43-3

PUBLISHED DATE:- 10 JUNE 2024

DOI:- <https://doi.org/10.37547/gbps-35>

ISKANDAROV U.U., ISMOILOV M.M.

**ASPECTS OF HIGH-QUALITY TRANSMISSION AND
RECEPTION OF SIGNALS FROM A REMOTE-
DIRECTIONAL ACOUSTIC LASER MICROPHONE**

ISKANDAROV U.U., ISMOILOV M.M.

**ASPECTS OF HIGH-QUALITY
TRANSMISSION AND RECEPTION OF
SIGNALS FROM A REMOTE-
DIRECTIONAL ACOUSTIC LASER
MICROPHONE**

(monograph)

The scientific monograph covers issues of practical and virtual models, as well as modeling and means of processing signals from a remote acoustic laser microphone, studied by modern technical means of collecting information in open optical systems.

For specialists in the field of information technology for information security and students of higher educational institutions, as well as for a wide range of users.

Reviewers:

S.M. Otajonov, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Prof.

A.M. Rasulov, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Prof.

DOI: DOI:- <https://doi.org/10.37547/gbps-35>

ISBN: 978-1-957653-43-3

Fergana – 2024

ИСКАНДАРОВ У.У, ИСМОИЛОВ М.М

АСПЕКТЫ КАЧЕСТВЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ И ПРИЕМА СИГНАЛОВ ДИСТАНЦИОННО-НАПРАВЛЕННОГО АКУСТИЧЕСКОГО ЛАЗЕРНОГО МИКРОФОНА

(научная монография)

В научной монографии освещаются вопросы практические и виртуальные модели, а также моделирования и средства обработки сигналов дистанционного акустического лазерного микрофона исследуемого современным техническими средствами съёма информации в открытых оптических системах.

Для специалистов в области информационных технологий по защиты информации и студентов высших учебных заведений, а также для широкого круга пользователей.

Рецензенты: д.ф.м.н., проф. С.М. Отажонов

д.ф.м.н., проф. А.М. Расулов

DOI: DOI:- <https://doi.org/10.37547/gbps-35>

ISBN: 978-1-957653-43-3

ФЕРГАНА – 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
I. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СРЕДСТВ СЪЁМА И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ КОММУНИКАЦИЙ.....	6
1.1. Устройство и характеристики акустических микрофонов.....	6
1.2. Примеры и характеристики некоторых микрофонов.....	35
1.2.1. МД-186. Широкополосный двухкапсюльный кардиоидный динамиче-ский микрофон.....	35
1.2.2. МД-87а. Концертный динамический микрофон ближнего действия.....	36
1.2.3. МД-380. Речевые динамические высокочувствительные микрофоны.....	37
1.2.4. МД-78а. Концертный динамический микрофон ближнего действия.....	37
1.3. Полупрофессиональный динамический микрофон.....	38
1.3.1. МД-80м. Динамический кардиоидный малогабаритный микрофон.....	39
1.3.2. МД-205. Концертный гиперкардиоидный микрофон ближнего действия.....	39
II. АНАЛИЗ ПРИНЦИПОВ РАБОТ И РАЗНОВИДНОСТИ ОСЛАБЛЕНИЙ СУЩЕСТВУЮЩИХ ДИСТАНЦИОННЫХ, АКУСТИЧЕСКИХ ЛАЗЕРНЫХ МИКРОФОНОВ И ПОДХОДЫ МЕТОДАМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИЙ.....	50
2.1. Актуальные проблемы приёма энергии сигналов лазера из расстояний.....	50
2.1. Актуальные проблемы приёма энергии сигналов лазера с расстояний.....	53
2.2. Математические подходы к созданию и работе ДАЛМ.....	56
2. 2.1. Попытки и проблемы создания приёмников сигнала.....	56

III. ИЗУЧЕНИИ ПОДХОДА ПРИМЕНЕНИИ ТЕОРИИ РАСЧЕТА И МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРАБАТЫВЕМОГО ДИСТАНЦИОННОГО ЛАЗЕРНОГО МИКРАФОНА	61
3.1. Теоретический подход к расчета.....	61
3.2. Программные пакеты моделирование и симуляции дистанционного лазерного микрофона	65
3.3. Моделирование разрабатываемого дистанционного лазерного микрофона.....	71
3.4. Аспекты качественной передачи и приема сигналов открытой лазерной передачи данных	74
3.4. Проблемы и решения качественной передачи и приема сигналов дистанционно-направленного акустического лазерного микрофонов.....	77
IV. ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОГО ЛУЧА ДИСТАНЦИОННОГО ЛАЗЕРНОГО МИКРАФОНА	80
4.1 Исследование отражении оптического луча дистанционного лазерного микрофона от микро участков объекта.....	80
4.2. Многокаскадный приёмник луча лазерного микрофона	82
4.3. Проблемы системной оптимизации интерферо-метрического процесса при формировании и обработки акустических сигналов дистанционного лазерного микрофона.....	86
4.4. Разработка устройства охраны и безопасности в импульсном режиме с невидимым лазерным лучом.	90
Программа для данного проекта Arduino Uno.	92
4.5. Анализ потенциальной чувствительности и дальности приема дистанционных лазерных акустических микрофонов	94
4.6. Другие лазерные микрофоны для получения информации.....	96
ЛИТЕРАТУРЫ.....	103

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня в мире развернуто разностороннее развитие и другие меры по поднятию на новый уровень сфер информационно-коммуникационных технологий а также аспектов телекоммуникационных технологий введены почти во все законодательные проекты. Общие вопросы информации и информатизации определяются основными задачами дальнейшего развития страны на новые рубежи международного уровня. Развитие современной телекоммуникаций и передачи данных, а также их элементной базы и есть привило к созданию следующего поколения конвергентных сетей и систем, в котором носителем информации является и оптический лучи и электромагнитные волны и проводники (зависимо от участков) и.т.д. Что касается открытым оптическим систем передачи. В настоящее время различают атмосферные (открытое) и волоконно-оптические кабельные телекоммуникационные системы передачи информации.

В атмосферных телекоммуникационных системах при передаче информационного оптического излучения используется открытое пространство, а в волоконно-оптических кабельных телекоммуникационных системах используются волоконно-оптические кабели.

Такие открытые оптические телекоммуникационные системы еще не нашли широкое применения из-за своих существенных недостатков, таких как плохая пропускная способность атмосферы при сложных метеорологических условиях и из-за сложной топографии местности. Несмотря на то, что они используются в разных системах по-разному.

Широкое применение волоконно-оптических линий в телекоммуникационных системах в качестве излучателя используется лазеры и светодиоды разного диапазона.

Выделяем ряд преимуществ линий систем оптической связи:

- широкая полоса пропускания со скоростью до 40 Гбит/с, действующими уже сегодня, и свыше 100 Гбит/с, ожидающимися в ближайшем будущем. Факторами, ограничивающими рост скоростей передачи, в настоящее время являются инерционных свойств приемников и источников излучения. Однако применение метода спектрального уплотнения увеличивает общую скорость передачи по одному волокну до нескольких Тбит/с.

- На сигналы волоконно-оптической линии связи совершенно не воздействуют электромагнитные помехи молний и помехи скачок высокого напряжения. Они не создают никаких электромагнитных или радиочастотных помех.

- полная гальваническая развязка между передатчиком и приемником, а также отсутствие короткое замыкание в линии передачи.

- расстояние передачи информации для не дорогостоящих волоконно-оптических кабелей между повторителями до 5 км. Для высококачественных коммерческих систем расстояния между повторителями до 300 км. В лабораторных условиях достигнуты расстояния, близкие к 1000 км.

- Размер и вес волоконно-оптических кабелей по сравнению с медными кабелями, очень ощутимо и они чрезвычайно легкие. Четырехжильный волоконно-оптический кабель весит примерно 240 кг/км, а 36-основный оптоволоконный кабель весит лишь на 3 кг больше. Если информация системы передач осуществляется по оптическим волокнам, система называется волоконно-оптическим, а если информация передаётся по атмосферной пространстве они называются открытым. Исследуемая система является открытой. Хотя они широко не используется в телекоммуникационных системах, они косвенно используется в разных устройствах автоматики и робототехники, а также датчиках разнообразного контроля устройствами и процессами.

I. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СРЕДСТВ СЪЁМА И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ КОММУНИКАЦИЙ.

Основным элементом съёма и преобразования акустической информации являются микрофоны т.е, преобразователи энергии механического движения давлений воздуха в электрическую энергию. Они разнообразные - электродинамические, электретные, конденсаторные и т.д. Микрофоны имеют свои классификации эти классы приведены далее а таблицах.

1.1. Устройство и характеристики акустических микрофонов

Микрофоны бывают различными, но их различают:

- по принципу преобразования звуковой энергии в электрическую (механо-электрические характеристики);
- по принципу воздействия звука на диафрагму (механическо-акустические характеристики);
- по принципу зависимости выходного сигнала от пространственной ориентации (характеристики направленности);
- по принципу включения в аудиотракт (коммутационные характеристики).

К тому же, микрофон, сочетая в себе вышеназванные принципы в самой разной комбинации, может еще и иметь разный дизайн и предназначение - ручной, подвесной, петличный, накамерный, прикрепляемый к музыкальному инструменту, настольный и т.д.

С точки зрения механо-электрического принципа выбор невелик - в настоящее время используются только динамические и конденсаторные микрофоны. Все прочие не находят применения в профессиональной практике.

Устройство динамического микрофона аналогично устройству динамического громкоговорителя (поэтому последние часто используются и в качестве микрофона - в рациях, переговорных устройствах, то есть там, где компактность важнее качества звука). Диафрагма (мембрана) динамического микрофона связана с катушкой, находящейся в зазоре вокруг магнита.



Рисунок 1.1.1. Комплектующие динамического микрофона.

Горизонтальные колебания прилегающего воздуха смещают диафрагму с катушкой относительно постоянно расположенного магнитного поля, что приводит к появлению на концах катушки переменного электрического напряжения, амплитуда и частота которого пропорциональны силе и частоте звука, воздействующего на диафрагму.

Радиомикрофоны.

С точки зрения способов коммутации микрофоны делятся на традиционные проводные и «радиомикрофоны». Радиомикрофон представляет собой "комплект" из микрофонной головки и передатчика (трансммиттера) в одном корпусе и приёмника (ресивера). Петличные радиомикрофоны состоят их двух частей: самого микрофона, закрепленного на лацкане, воротнике и т.п., и соединенного с ним скрытым кабелем передатчика, находящегося на поясе, в кармане и т.п.

Радиомикрофоны создаются на основе стандартных микрофонных головок (капсюлей), поэтому у них акустические характеристики практически идентичны базовым проводным аналогам.

Параметры таких микрофонов охватывают ряд характеристик, отраженных, как правило, в их технической документации.

Номинальный диапазон частот (f), в котором сигнал на выходе микрофона может быть зарегистрирован. Чем он шире, тем выше класс микрофона.

- Неравномерность частотной характеристики тесно связана с номинальным диапазоном частот и обозначает разность между максимальной и минимальной чувствительностью микрофона в пределах номинального диапазона частот. Чем меньше неравномерность и ровнее кривая чувствительности, тем лучше микрофон.

- Чувствительность микрофона — отношение выходного напряжения к звуковому давлению, выражается в мВ на паскаль (мВ/Па). Так как звуковое воздействие на микрофон может быть самым разным, измерение чувствительности стандартизировано: оно производится в условиях действия прямой звуковой волны (так называемое "свободное поле") на частоте 1000 Гц. Чувствительность конденсаторных микрофонов значительно выше чувствительности динамических микрофонов у которого мы рассмотрели.

- Перепад чувствительности "фронт/тыл" не нуждается в особых разъяснениях. Его значение различно для разных типов направленности микрофонов.

- Выходное сопротивление ($R_{\text{вх}}$) и сопротивление ($R_{\text{н}}$) нагрузки (в омах) тесно связаны между собой и измеряются, как правило, на частоте 1000 Гц. При этом сопротивление нагрузки должно быть в несколько раз больше, чем выходное сопротивление (не меньше, чем в три раза).

- Уровень чувствительности, который следует отличить от простого чувствительности, зависит от номинального сопротивления нагрузки. Стандартный уровень чувствительности выражается в децибеллах (дБ) и отражает уровень мощности, развиваемой микрофоном в номинальную

нагрузку при давлении в один паскаль. При этом, чем меньше сопротивление нагрузки (и, стало быть, выходное сопротивление микрофона), тем выше уровень чувствительности микрофона.

- Предельное звуковое давление (P) измеряется в диапазоне средних частот и указывает, при каком уровне гармоник превысят 0,5%. Для профессиональных микрофонов это число достигает гигантского значения - до 140 дБ.

- Уровень собственных шумов микрофона определяется как уровень эквивалентного звукового давления при отсутствии воздействующего звукового сигнала и измеряется в децибелах. Чем ниже значение этого параметра, тем, естественно, лучше. Для профессиональных микрофонов он составляет 20 дБ и менее.

- Динамический диапазон микрофона - это разность между предельным звуковым давлением и уровнем собственных шумов.

Долгое время в качестве сценических микрофонов использовались по преимуществу динамические микрофоны - они более компактны, лучше переносят перемещение во включенном состоянии, не требуют фантомного питания.

С появлением электретных конденсаторных микрофонов, сочетающих высокое качество звукопередачи с удобством мобильного использования, их стали активно применять на сцене. В последние годы разными фирмами были созданы конденсаторные микрофоны с дизайном обычных "ручных" динамических микрофонов. Они предназначены, прежде всего, для вокалистов.

Миниатюрные микрофоны.

Очень популярны в последние годы миниатюрные микрофоны, совершенно незаменимые в мюзиклах, где микрофоны необходимо "скрыть с глаз долой". Это и обычные "петличные" микрофоны, и микрофоны-"спички", приклеиваемые к лицу или голове артиста и

маскируемые гримом. Несмотря на миниатюрность, они имеют достаточно хорошее качество передачи звука, - однако следует помнить о том, что довольно высокий уровень внутреннего шума этих микрофонов. Еще один особый тип микрофонов с успехом применяется на сцене, прежде всего в театральных постановках - микрофоны граничного слоя, или PZM-микрофоны. Их отличительная особенность: с изменением расстояния от источника очень мало изменяется тембр передачи звука. В театре эти микрофоны устанавливают прямо на полу сцены, обычно у рампы, и с их помощью снимают звук с довольно большой площади.

Современное звукоусиление всегда диктует необходимость выбора микрофонов разного типа направленности. Это, за редким исключением, односторонненаправленные микрофоны. Поскольку в большинстве случаев сейчас используются системы мониторингового озвучивания сцены, а в больших залах также и "прострел" (то есть примерно такие же акустические системы, которыми озвучивают зал, но повернутые из-за кулис вдоль сцены), это повышает требования к направленности микрофонов. Необходимость избегать возникновения акустической обратной связи, заставляет использовать супер и гиперкардиоидные микрофоны. Однако в ряде случаев применение остронаправленных микрофонов создает проблемы - например, если исполнитель очень подвижен, перемещения его головы относительно оси направленности микрофона могут привести к резким падениям уровня звука. В этом случае лучше использовать так называемую "широкую кардиоиду". Разные источники звука обладают чрезвычайно разными частотными и динамическими характеристиками. Поэтому каждому из них необходимо подобрать свой тип микрофона с наиболее подходящими параметрами.

Основное применение в звукоусилении находят динамические микрофоны - более универсальные, стойкие к перегрузкам и более дешевые. Для вокала рекомендуются динамические микрофоны, обычно

суперкардиоидные, с частотной характеристикой от 60...70 Гц и до 16...17 кГц.

Наиболее важными характеристиками микрофона, являются его принцип работы, амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) и направленность. Второстепенные характеристики - электрические параметры и конструктивное исполнение.

Принципы работы.

В первую очередь, преобразователи (давлений воздуха в электрическую), находящегося внутри микрофона воспринимает звук и преобразует его в электрический сигнал. Преобразователь — это устройство, переводящее энергию из одной формы в другую, в нашем случае - акустическую энергию в электрическую [1-10]. Принцип работы определяет ключевые возможности микрофона. Самые распространенные типы микрофона - динамический и конденсаторный и некоторые современные типы(миниатюрные).

Динамические микрофоны

В стационарных устройствах пригодны многие типы микрофонов, о которых говорилось выше. Однако сравнительно большая стоимость и высокие эксплуатационные требования ограничивают возможности применения в любительских условиях некоторых наиболее чувствительных и сложных типов микрофонов. Между тем более низкие технические требования к любительской аппаратуре вполне допускают работу с простыми и дешевыми динамическими микрофонами, такими, например, как МД-41 и МД-47. Внешний вид этих микрофонов показан на рисунках, а общие параметры и некоторые конструктивные данные приведены в приложениях.

Кроме указанных, часто применяются и другие типы динамических микрофонов, например такие, как МД-42, МД-46 и МД-55. Основное отличие их от специально выпускаемых для любительских целей

микрофонов МДМ-1, МД-41 и МД-47 заключается в отсутствии выходного трансформатора, вследствие чего они имеют низкоомный выход (обычно 250 ом) и малую чувствительность.

Применять такие динамические микрофоны без выходных трансформаторов нецелесообразно, так как у них недостаточную чувствительность приходится компенсировать в усилителе. Повышающие микрофонны выходными трансформаторами, предназначенный для работы на высокоомный вход усилителя (лампового или полупроводникового), должен иметь коэффициент трансформации не менее 20—25. Так, например, трансформатор микрофона МД-41 имеет коэффициент 25; его первичная обмотка содержит 140 витков провода ПЭЛШО 0,25 мм, а вторичная—3 500 витков ПЭВ 0,13 мм. Сердечники изготавливается из пермаллоевой ленты, свернутой кольцом; ширина ленты 9 мм, внутренний диаметр сердечника 25 мм, а внешний 65 мм.

Микрофонные трансформаторы очень чувствительны к внешним магнитным и электрическим полям среды, индуцирующим во входные цепи фон и другие помехи. Для защиты от этих помех и применяется тороидальный или кольцевой сердечник, намотка ведется строго симметрично и, кроме того, весь трансформатор хорошо и тщательно экранируется толстостенным (до 5—8 мм) экраном из пермаллоя или специальных мягких сортов стали.

Вместо трансформатора можно с успехом применить автотрансформатор, позволяющий более выгодно заполнить окно сердечника проводом и дающий лучшую частотную характеристику в области высших частот. Однако и в нем следует симметрировать обмотку. Так, например, сделано в микрофоне МД-47, где применен автотрансформатор на сердечнике из пластин Ш-10 X 5 мм с первичной обмоткой 40 + 40 витков (со средней точкой), последовательно с которой включена вторичная обмотка из 3 000 витков. Намотка сделана подряд, вразброс проводом ПЭЛ

0,07. Звуковая катушка микрофона подключается к первичной обмотке (80 витков), средняя точка которой соединяется с экраном (шасси, заземляющая шина), чем и достигается симметрирование.

Соединительный кабель для микрофонов должен быть не очень длинным (1 — 1,5 м), малоемкостным и хорошо экранированным. Не рекомендуется использовать экранную оплетку (броню) в качестве токопроводящего провода. Экран кабеля должен соединяться с корпусом микрофона и на входе усилителя (в одной точке) с шасси (экраном) или общей заземляющей шиной.

К микрофонам, применяемым в переносных малогабаритных устройствах, предъявляются еще более пониженные требования: они должны лишь обеспечить достаточную разборчивость (артикуляцию) речи. Этому требованию удовлетворяют весьма простые по конструкции и малогабаритные микрофоны с металлической диафрагмой (мембраной), обычно работающие в аппаратуре местной или междугородной телефонной связи и других специальных устройствах (например, в слуховых аппаратах для тугоухих). Такие микрофоны подразделяются на пьезоэлектрические, электромагнитные и угольные.

Динамические микрофоны включают в себя сборку из диафрагмы, голосовой катушки и магнита, которые образуют миниатюрный электрогенератор со звуковым приводом. Звуковые волны попадают на тонкую пластиковую мембрану (диафрагму) которая отзывается на них колебаниями. Маленькая проволочная катушка (голосовая катушка) прикреплена сзади диафрагмы и колеблется вместе с ней. Сама катушка окружена магнитным полем, которое создается небольшим постоянным магнитом. Движение катушки в этом магнитном поле порождает в ней электрический сигнал, соответствующий звуку, пришедшему в динамический микрофон.

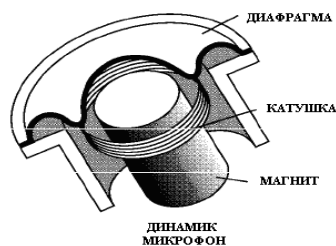


Рисунок 1.1.2. Структура динамического микрофона

Динамический микрофон имеет простую и соответственно экономичную и надежную конструкцию. Он может обеспечить отличное качество звука практически во всех областях применения. В частности, он может иметь дело с чрезвычайно громкими звуками: практически невозможно перегрузить динамический микрофон. Вдобавок, динамические микрофоны относительно устойчивы к перепадам температуры и влажности. Динамические микрофоны используются в основных задачах звукоусиления чаще всего.

Фантомное питание в усилителях

Фантомное питание в усилителях - - это постоянный ток (обычно 12-48 вольт), используемый для питания электроники конденсаторного микрофона. Для некоторых (не электретных) микрофонов оно может также использоваться для поляризации рабочего элемента. Это напряжение подается по микрофонному кабелю от микшера с источником фантомного питания или от другого внешнего устройства. Напряжение на контактах 2 и 3 типичного балансного разъема XLR одинаково.

Например, при 48-вольтовом источнике питания, на контакте 2 и контакте 3 напряжение будет 48 вольт постоянного тока по отношению к контакту 1, который является землей (экраном). Поскольку напряжение на контактах 2 и 3 одинаково, фантомное питание не окажет никакого воздействия на динамические микрофоны: никакого тока не возникнет, поскольку нет никакой разности потенциалов между выходными контактами. На практике, источники фантомного питания имеют ограничители по току, которые предотвращают повреждение

динамического микрофона в случае короткого замыкания или неправильной распайки. Обычно балансные динамические микрофоны могут быть подключены ко входам с фантомным питанием без каких-либо проблем.

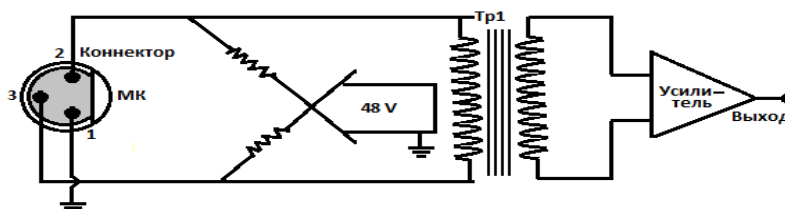


Рисунок 1.1.3. Схема входа с фантомным питанием

Переходный отклик - характеризует способность микрофона откликаться на быстро меняющуюся звуковую волну. Лучший способ понять, почему динамический и конденсаторный микрофоны звучат по-разному - это разобраться в разнице между их переходными откликами.

Для того, чтобы микрофон трансформировал звуковую энергию в электрическую, звуковая волна должна физически перемещать диафрагму микрофона. Количество времени, которое будет на это затрачено, зависит от массы диафрагмы. Например, сборка из диафрагмы и катушки динамического микрофона может быть в 1000 раз тяжелее, чем диафрагма конденсаторного микрофона. Тяжелой динамической диафрагме требуется больше времени, чтобы начать двигаться, чем легкой конденсаторной (рис ниже) диафрагме.

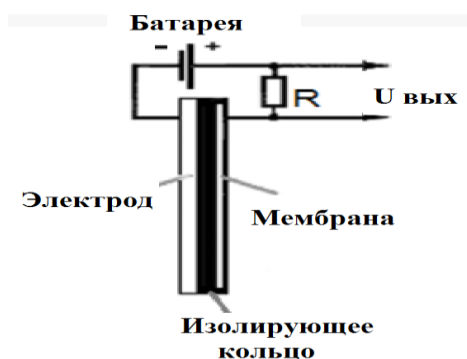


Рисунок 1.1.4. Схема включения конденсаторного микрофона

И точно также динамической диафрагме, по сравнению с конденсаторной диафрагмой, требуется больше времени, чтобы прекратить движение. Переходный отклик динамических микрофонов не так высоко, как у конденсаторных микрофонов. В изображениях отражен отклик двух студийных микрофонов на звуковой импульс. Сверху - график для конденсаторного микрофона и снизу - для динамического (рис.1.1.5.). Очевидно, что динамическому микрофону требуется почти вдвое больше времени, чтобы отреагировать на звук. Ему также требуется больше времени, чтобы перестать колебаться (обратите внимание на рябь во второй половине графика). Поскольку конденсаторные микрофоны в целом имеют лучший переходный отклик, чем динамические, они лучше подходят для инструментов, имеющих резкую атаку или расширенный высокочастотный спектр в звуке, например, тарелок. Переходный отклик определяет более ясный, отчетливый звук конденсаторных микрофонов, и более мягкий, округлый звук динамических микрофонов.

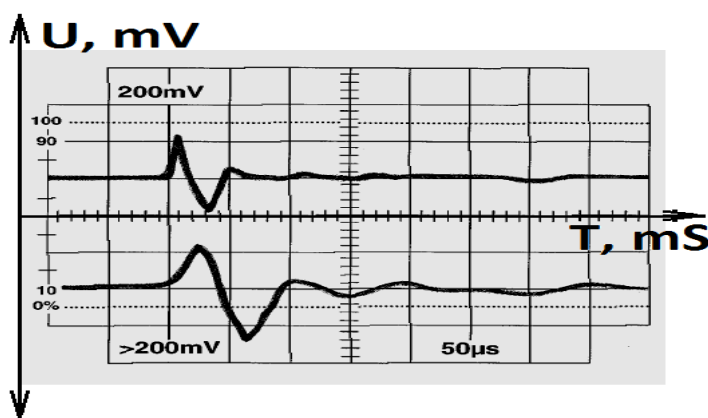


Рисунок 1.1.5. Схема входа с фантомным питанием

Амплитудно-частотная характеристика

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) - Выходной уровень микрофона по всему рабочему спектра частот, его к ним чувствительность. Практически все производители микрофонов описывают АЧХ своих микрофонов в каком-то диапазоне. Это обычно выражается в виде графика, который демонстрирует выходной уровень в зависимости от

частоты. По оси X этого графика отложена частота (Гц), а по оси Y относительная отдача в децибелах (дБ).

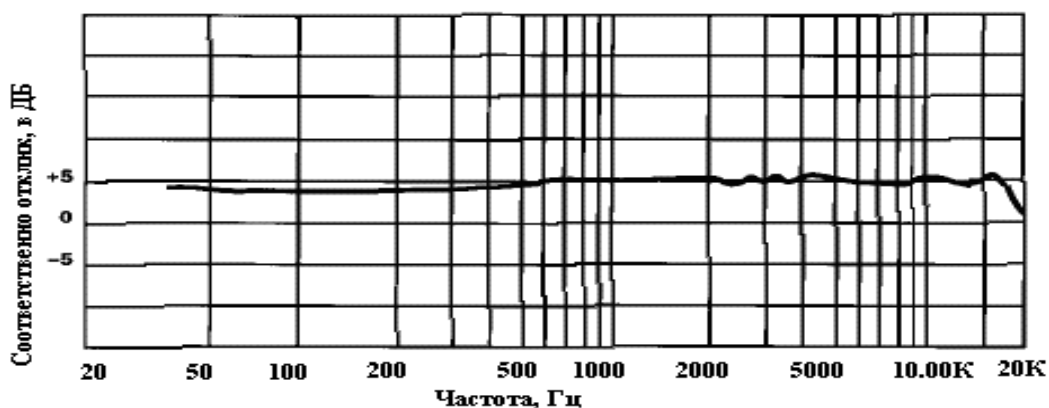


Рисунок 1.1.6. АЧХ 1 рассматриваемого микрофона.

Микрофон, выход которого одинаков для всех частот имеет полоский (flat) АЧХ. Микрофоны с пологой АЧХ обычно имеют расширенный диапазон. Они воспроизводят сигналы от различных источников звука без изменения или окраски оригинального звука. Микрофон, чья АЧХ имеет пики или провалы в определенных частотах имеет рельефную (shaped) АЧХ. Рельефная АЧХ обычно используется в конкретных приложениях. Например, микрофон может иметь пик в области 2- 8 кГц, чтобы улучшить разборчивость вокала. Такой профиль называется (presence) или подъемом. Микрофон может также иметь меньшую чувствительность к некоторым частотам. Примером тому может быть уменьшенная отдача на низких частотах (срез низа), с целью минимизирования не нужного "бум-бум".

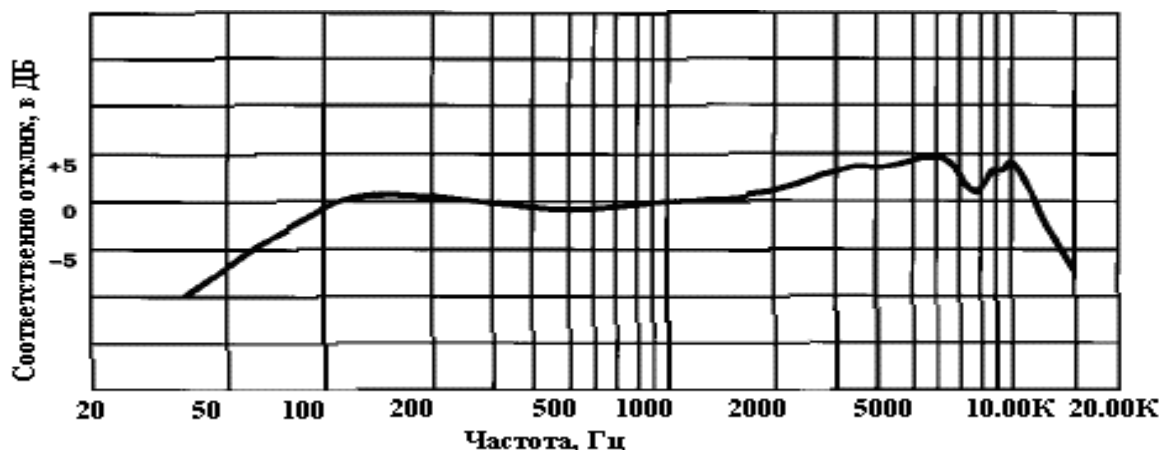


Рисунок 1.1.7. АЧХ 2 рассматриваемого микрофона.

Выбор микрофона с пологой или же рельефной АЧХ опять-таки зависит от источника звука, аппаратуры, и окружающей среды. Микрофоны с пологой АЧХ обычно желательны при воспроизведении звука (акустическая гитара, фортепиано, высококачественные аппаратуры). Они также обычно применяются при стерео расстановке микрофонов и при удаленной, более метра от источника звука, установке: отсутствие пиков отдачи минимизирует обратную связь и дает более естественный звук. С другой стороны, микрофоны с рельефной АЧХ предпочтительнее для вокалистов. У некоторых инструментов, таких как ударные или гитарные усилители, которые выиграют от усиления отдачи, сильнее проявляясь в общей картине. Также они полезны, когда надо ослабить прием нежелательных звуков и шумов за пределами диапазона инструмента.

Децибелы

Децибел (дБ) - это величина, часто используемая в электрических и акустических измерениях. Децибел - это число отражающее соотношение величин одной единицы измерения. Это логарифмическое соотношение, применяемое с целью сократить большой диапазон величин до много меньшего, и более удобного. Формула децибела для электрического напряжения такова:

$$\text{дБ} = 20 \times \log(V1/V2)$$

где 20 - константа, V1 и V2 - два напряжения, а log - десятичный логарифм.

Пример:

Какое соотношение в децибелах между 100 и 1 вольтами?

$$\text{дБ} = 20 \times \log(100/1)$$

$$\text{дБ} = 20 \times \log(100)$$

$$\text{дБ} = 20 \times 2$$

$$\text{дБ} = 40$$

Это означает, что, 100 вольт на 40дБ больше, чем 1 вольт.

Какое соотношение в децибелах между 0.001 и 1 вольтами?

$$\text{дБ} = 20 \times \log(0.001/1)$$

$$\text{дБ} = 20 \times \log(0.001)$$

$$\text{дБ} = 20 \times (-3)$$

$$\text{дБ} = -60$$

Итак, 0.001 вольт на 60 дБ меньше, чем 1 вольт

Соответственно:

Если одно напряжение равно другому, разница между ними 0 дБ.

Если одно напряжение в два раза больше, то разница - 6 дБ.

Если одно напряжение в 10 раз больше, то разница - 20 дБ

Поскольку децибел - величина относительная, должна быть какая-то точка отсчета, заданная в децибелах. Обычно это отражается в суффиксе при условном обозначении: дБV - (1 вольт составляет 0 дБV) или дБ SPL (0.0002 микробар составляют 0 дБ звукового давления)

Одна из причин, почему децибелы так полезны именно в звуковых измерениях, заключается том, что принцип их шкалы довольно точно отражает чувствительность человеческого слуха. Например, изменение в 1 дБ SPL - близко к едва уловимой разнице в громкости, 3 дБ - это граница уверенной различимости, 6 дБ - существенная разница, а прирост в 10 дБ обычно интерпретируется, как "удвоение громкости".

Направленность

Направленность - Чувствительность микрофона к звуку в зависимости от направления или угла с которого приходит звук. В микрофонах используется несколько характеристик направленности. Они обычно изображаются в виде полярных диаграмм, чтобы графически отобразить вариации чувствительности в зоне 360 градусов вокруг микрофона, принимая микрофон за центр окружности, и ставя точку отсчета угла перед микрофоном. С точки зрения направленности существуют три основных типа микрофонов - всенаправленные, однонаправленные и двунаправленные.

Всенаправленный микрофон имеет одинаковый выходной уровень при любом направлении. Он покрывает все 360 градусов. Всенаправленный микрофон улавливает максимальное количество пространственных звуков. При концертном применении всенаправленный микрофон должен быть расположен очень близко к источнику звука, чтобы был правильный баланс между непосредственным и пространственным звуком. Вдобавок, мы не можем отвернуть всенаправленный микрофон в сторону от ненужных источников звука, таких как порталы, что может вызвать заводку.

Однонаправленные микрофоны

Однонаправленный микрофон наиболее чувствителен к звуку, приходящему с одного направления, и менее чувствителен к остальным. Типичной для таких микрофонов является кардиоидная характеристика (диаграмма имеет форму сердца). При ней наибольшая чувствительность достигается на направлении вдоль оси микрофона (0 градусов), а наименьшая - в противоположном (180 градусов отклонения). Эффективный угол работы кардиоидного микрофона составляет 130 градусов, то есть по 65 градусов в любую сторону от оси перед микрофоном. Таким образом кардиоидный микрофон улавливает около

трети пространственных звуков по сравнению со всенаправленным. Однонаправленные микрофоны отделяют нужный "прямой" звук от ненужных "боковых" и пространственных.

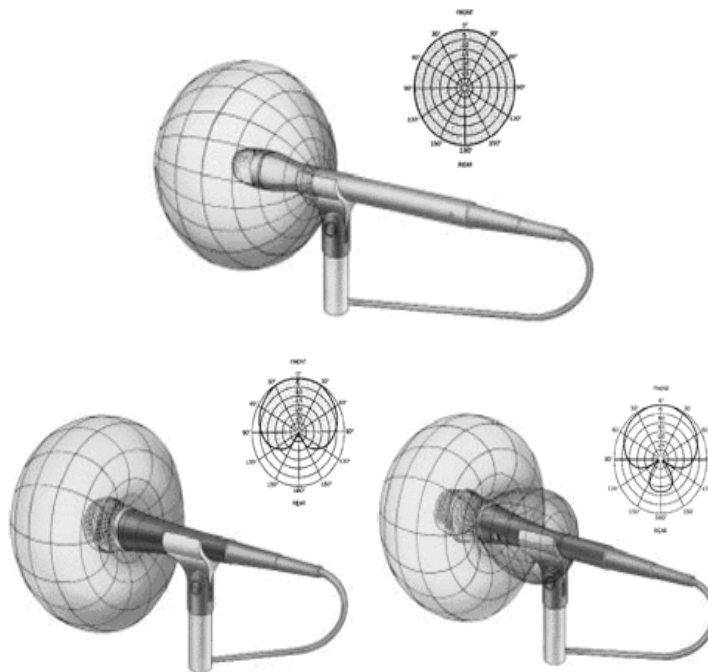


Рис 1.1.8. Всенаправленный и кардиоидный и суперкардиоидные микрофоны

Применение кардиоидного микрофона часто необходимо. Например, в случае подзвучивания гитарного усилителя, стоящего рядом с ударной установкой - это единственный способ уменьшить проникновение звука ударных в канал гитары. Однонаправленные микрофоны могут иметь различные варианты кардиоидной диаграммы. Два из них носят названия суперкардиоиды и гиперкардиоиды. Обе характеристики имеют меньшие, чем кардиоиды рабочие углы (115 в случае суперкардиоиды и 105 в случае гиперкардиоиды) а также сильнее отсекают пространственные звуки. В то время, как кардиоиды имеют наименьшую чувствительность сзади (180 градусов отклонения), у кардиоиды направление наименьшей чувствительности составляет 126 градусов, а у гиперкардиоиды - 100. При правильной установке они обеспечивают более фокусированный съем

звука, и меньше количество пространственного шума, чем у кардиоиды. Однако, они имеют зону улавливания непосредственно сзади (rear lobe).

У суперкардиоиды подавление сзади составляет -12дБ, а у гиперкардиоиды - всего -6дБ. Хорошая кардиоида имеет подавление сзади по меньшей мере -15-20 дБ.

Двунаправленные микрофоны

Двунаправленный микрофон имеет наибольшую чувствительность как спереди (0 градусов), так и сзади (180 градусов). Наименьший уровень он имеет на сбоку (90 градусов). Рабочий угол составляет только 90 градусов, как спереди, так и сзади. Уровень пространственного шума такой же, как и у кардиоиды. Этот микрофон используется для улавливания звука от двух противоположных источников, например, вокального дуэта. Несмотря на то, что такие микрофоны редко применяются в звукоусилении, их используют в некоторых стерео технологиях.

Рассмотрим другие связанные с направленностью характеристики микрофонов:

Подавление пространственного шума

Поскольку однонаправленные микрофоны менее чувствительны к звукам приходящим не по оси, чем всенаправленные, они принимают меньше пространственного звука. Однонаправленные микрофоны используются для контроля над посторонними шумами и получения более чистого микса.

Расстояние

Поскольку направленные микрофоны улавливают меньше шума, чем всенаправленные, они могут быть установлены на больших расстояниях от источника звука, сохраняя тот же баланс между основным и фоновым или пространственным звуком. Всенаправленный микрофон должен быть расположен примерно вдвое ближе, чтобы иметь такой же баланс.

Эффект поворота

Изменение АЧХ микрофона, которое становится тем заметнее, чем больше угол между осью микрофона и направлением на источник звука. В первую очередь теряются низы, что приводит к мутноватому звуку.

Эффект приближения

У однонаправленных микрофонов отдача в низах усиливается по мере того, как микрофон приближается (в пределах полуметра) к источник звука. При установке вплотную (мене 30 см) следует помнить об эффекте приближения и убрать низы, чтобы получить более натуральный звук. Вы можете (1) убрать низы на микшере, (2) использовать микрофон, минимизирующий эффект, (3) использовать микрофон с кнопкой среза басов или (4) использовать всенаправленный микрофон (не проявляющий такого эффекта).

Однонаправленные микрофоны могут не только отделить звучание одного инструмента от другого, но может также уменьшить обратную связь, допуская тем самым большее усиление. С этой точки зрения однонаправленные микрофоны предпочтительнее всенаправленных практически во всех задачах усиления звука.

Использование характеристик направленности для подавления ненужных звуков.

При усилении звука, микрофоны часто могут находиться в местах, где они могут принять звук от посторонних источников. Например, микрофон установленный у барабана, может улавливать звук от соседних барабанов, вокальный микрофон может улавливать все шумы на сцене или вокальные микрофоны могут улавливать звук мониторов. В каждом случае мы имеем один нужный источник звука и один или более ненужных. Выбор правильной характеристики направленности может помочь в максимальном улавливании нужного звука и минимальном - ненужных.

Несмотря на то, что для лучшего улавливания обычно очевидным вариантом является осевое направление, направление минимизирующее

улавливание посторонних звуков может зависеть от типа микрофона. В частности, кардиоида менее чувствительна сзади (отклонение 180 градусов), а суперкардиоида и гиперкардиоида улавливают на этом направлении звук. У них наименьшая чувствительность приходится на отклонение в 125 и 110 градусов соответственно. Например, ставя монитор неподалеку от вокального микрофона мы должны нацелить его точно сзади, чтобы повысить предел возникновения заводок. А в случае суперкардиоиды, для наилучшего результата монитор должен смотреть немного вбок (отклонение от обратной оси - 55 градусов).

Соответственно используя микрофоны супер- и гиперкардиоидного типов мы должны учитывать их прием сзади и ориентировать их так, чтобы избежать улавливания звука от других барабанов и тарелок.

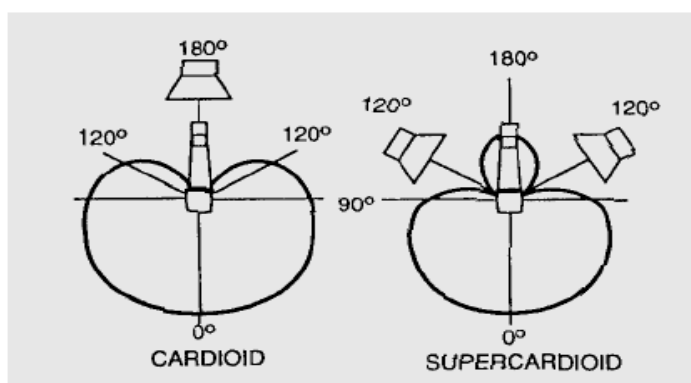


Рис 1.1.9. Электрические характеристики

Электрические характеристики микрофона обычно включают в себя выходной уровень, импеданс и тип разъема. Выходной уровень или чувствительность - это уровень электрического сигнала, порождаемого микрофоном при заданном уровне звукового сигнала. В целом, конденсаторные микрофоны имеют большую чувствительность, чем динамические. Для слабых или удаленных источников звука предпочтительнее использовать микрофоны с высокой чувствительностью, в то время как при подзвучивании громких источников или с близкого расстояния лучше всего использовать моделью с низкой чувствительностью.

Выходной импеданс микрофона примерно равен его электрическому сопротивлению: 150-600 Ом - низкий импеданс, 10000 или больше - высокий. С практической точки зрения низкий импеданс означает, что микрофон может работать с кабелем длиной 300 или более метров без потерь в качестве, в то время как модели с высоким импедансом обнаруживают заметные потери в высоких частотах при длинах кабеля более 6 м. Наконец, тип разъема в микрофоне может быть балансным или небалансным. Балансный выход передает сигнал по двум проводникам (плюс экран). Сигналы, идущие по каждому из проводников имеют одинаковый уровень, но разную полярность. Балансный микрофонный вход усиливает только разницу между сигналами, и игнорирует ту часть сигнала, что одинакова у обоих проводников. Любой шум или наводка в балансном кабеле обычно одинакова в обоих проводниках, и соответственно игнорируются, и в то же время одинаковые за исключением полярности рабочие сигналы усиливаются. С другой стороны, небалансный микрофонный тракт передает сигнал по одному проводнику (плюс экран), а небалансный микрофонный вход усиливает все сигналы в проводнике. Такая комбинация не может отфильтровывать никакой шум, наведенный в кабеле. Соответственно, балансные низкоимпедансные микрофоны рекомендуются для использования практически во всех задачах подзвучивания.

Физический дизайн

Физический дизайн микрофона - это его механическое и конструктивное исполнение. В звукоусилении используются ручные, носимые, настольные, стоечные, крепящиеся к инструменту или поверхностям модели. Большинство из них могут иметь различные принципы работы, характеристики направленности и электрические параметры. Часто физический дизайн - это первый критерий выбора микрофона для конкретной задачи. Понимание остальных характеристик, и

выбор на их основе помогут получить максимальное качество микрофонного сигнала и его доставки к аппаратуре.

Динамические катушечные микрофоны

Наиболее широкое распространение в практике получили динамические (катушечные) микрофоны. Звукоприемником в них служит куполообразная диафрагма из тонкой полистироловой пленки (в старых типах применялась алюминиевая фольга). Диафрагма жестко связана с звуковой катушкой, находящейся в радиальном зазоре магнитной системы. Катушка наматывается тонким проводом (до 0,02 мм), причем наряду с медным (марки ПЭЛ) часто применяется алюминиевый провод.

Достоинством этих микрофонов являются достаточно удовлетворительные электрические параметры, небольшие габариты, малый вес и ряд других свойств, позволяющих применять их в различных эксплуатационных условиях.

Старые типы таких микрофонов (например, МД-30, МД-38) снабжены выходными трансформаторами, встроенными в кожух или подставку. Вторичная обмотка трансформатора имеет отвод, что позволяет иметь два-три значения выходного сопротивления. Более современные микрофоны имеют подвижную катушку с сопротивлением, близким к номинальному выходному, и используются без трансформаторов.

По характеристике направленности все динамические (катушечные) микрофоны можно подразделить на два вида: ненаправленные (с круговой характеристикой) и однонаправленные (с кардиоидной характеристикой).

Ляционного радиовещания, профессиональной звукозаписи и звукоусиления в театрах и концертных залах.

Ко второму виду однонаправленных микрофонов, имеющих особую механико-акустическую систему, относится микрофон типа МД-44, предназначенный для речевых передач (или звукоусиления) из помещений с повышенным уровнем шума или большим временем реверберации.

Отвинтив ручку, можно укрепить его на напольной или настольной стойке так же, как и всякий другой тип микрофона (резьба винтового шарнира стандартизирована и имеет диаметр 20 мм). Характеристики направленности микрофона МД-44 на всех частотах приближаются по своему виду к кардиоиде. Частотная характеристика этого микрофона как речевого неширокая— 100—8 000 гц с заметным понижением в области низших частот, что способствует лучшей артикуляции (разборчивости) речи. На рис.4 показаны частотные характеристики микрофона МД-44, снятые с фронтальной стороны и с тыловой. Последняя из них в области низших и средних частот лежит значительно ниже, чем первая, что и обуславливает шумозащитные свойства микрофона (наиболее интенсивные компоненты шума обычно приходятся на эту область частот).

Дальнейшим развитием однонаправленных микрофонов является тип МДО-1 , представляющий собой объединенную конструкцию Из двух микрофонов МД-44. Расстояние между их диафрагмами, направленными соосно в одну сторону, составляет 100 мм.

Из электрической схемы микрофона МДО-1, видно, что составляющие ее микрофоны МД-44 соединены последовательно и противофазно. Один из микрофонов (задний) шунтирован конденсатором емкостью 0,5 мкф, который как бы отключает его на высших частотах, когда характеристика одного микрофона МД-44 достаточно острая. Для снижения чувствительности в области средних частот с целью выравнивания частотной характеристики параллельно входу подключена фазокорректирующая цепочка, катушка индуктивности которой намотана таким проводом, чтобы сопротивление ее было 100 ом. Все эти детали находятся внутри корпуса микрофона.

Характеристика направленности микрофона МДО-1 приведена на рис. Этот микрофон может применяться для речевых передач или звукоусиления при большом уровне шума. Его частотная характеристика

также неширокая, с еще большим понижением чувствительности к низшим частотам, чем у микрофона МД-44.

Электромагнитные микрофоны

Высокое внутреннее сопротивление пьезомикрофонов оказалось особенно неудобным при работе с транзисторными усилителями, которые обычно имеют низкое входное сопротивление. Для таких усилителей весьма подходящими оказались электромагнитные микрофоны, имеющие к тому же более высокие эксплуатационные свойства.

Принцип работы электромагнитной системы состоит в том, что колеблющийся якорь из мягкой или специальной стали воздействует на магнитное поле, образованное постоянным магнитом. Якорь находится в рабочем зазоре магнитной системы. Он жестко связан с диафрагмой, воспринимающей звуковые колебания, а поэтому, колеблясь вместе с ней, вызывает колебания магнитного поля. В результате такого процесса в катушке, намотанной поверх якоря или полюсных наконечников и расположенной в том же магнитном поле, возникают электрические колебания, соответствующие звуковым колебаниям, воздействующим на диафрагму.

Для транзисторных слуховых аппаратов выпускается малогабаритный электромагнитный микрофон типа М1 резко уменьшает воздействие внешних шумов, повышая тем самым эффективность работы микрофона в шумных помещениях. При использовании микрофона ДЭМШ-1 в тихих условиях можно одну его сторону заклеить или замазать пластилином, превратив его таким образом в приемник давления.

К электромагнитным микрофонам относится и унифицированный микротелефонный капсюль типа ДЭМ-4м, который применяется и как микрофон, и как телефон (такая обратимость свойственна и всем другим типам электромагнитных микрофонов). Он имеет диаметр 55 мм, высоту 30 мм и вес 125 г... Относительная частотная характеристика такого

электромагнитного микрофона (относительно чувствительности на 1000 гц) показана на рис. Абсолютная чувствительность зависит от количества витков обмотки, определяющих также и внутреннее сопротивление микрофона. Стандартное активное сопротивление обмотки порядка 250—300 ом, при этом чувствительность на частоте 1000 гц достигает 3—5 мв к 1 мм. кв.

Широкое распространение получил дифференциальный электромагнитный микрофон ДЭМШ-1, устройство которого схематически показано на рис. 14. Модернизированный тип ДЭМШ-1А имеет полюсные наконечники, ввинчивающиеся во фланцы, что обеспечивает удобную регулировку зазора между ними и мембраной. Относительная частотная характеристика микрофона ДЭМШ-1 приведена на рис. 13; его абсолютная чувствительность при одинаковых электрических параметрах с электромагнитным микрофоном от слухового аппарата ниже на 20—25 дб. Активное сопротивление обмотки 70—150 ом.

В отличие от всех других типов описанных здесь микрофонов, являющихся звукоприемниками давления, ДЭМШ-1 имеет открытую с обеих сторон мембрану, а потому является приемником градиента давления. Чувствительность такого микрофона близка к нулю в случае, если направление звука лежит в плоскости мембраны. Такое свойство при надлежащем расположении микрофона около рта говорящего (микрофон должен почти вплотную прилегать ребром делах 300—3 000 гц, среднее значение полного сопротивления в этой полосе не ниже 600 ом (активное сопротивление обмотки около 60 ом), а средняя чувствительность в той же полосе на нагрузке 0,5 Мом не ниже 10 мв к 1 кв.мм.

Пьезоэлектрические микрофоны

Для преобразования звуковых колебаний в электрические используется также пьезоэлектрический эффект, выражающийся в том, что при деформации некоторых кристаллов на их поверхности возникают

электрические заряды, величина которых пропорциональна деформирующей силе. Наибольшим пьезоэффектом обладают кристаллы сегнетовой соли. Вырезанные особым образом пластинки из искусственно выращенных таких кристаллов и служат основным рабочим элементом пьезомикрофонов.

По своим электроакустическим и эксплуатационным свойствам пьезомикрофоны не могут обеспечить требований, предъявляемых к профессиональным студийным и трансляционным микрофонам. Однако такие их достоинства, как простота устройства, малый вес и габариты, а также небольшая стоимость, определили их применение в любительских устройствах и некоторых типах промышленной недорогой аппаратуры. Так, например, в слуховых аппаратах для тугоухих применялись газоэлектрические микрофоны с пластинками из кристаллов сегнетовой соли, отличающиеся простотой конструкции, малым габаритом и весом, дешевизной и относительно высокой чувствительностью. Эти качества долгое время обеспечивали почти исключительное применение их в слуховых аппаратах с усилителем на миниатюрных радиолампах.

К недостаткам пьезомикрофонов следует отнести высокое внутреннее сопротивление, имеющее емкостный характер, значительную неравномерность частотной характеристики, недостаточную эксплуатационную надежность (хрупкость, гигроскопичность) и зависимость параметров от температуры. На рис. показаны две примерные частотные характеристики пьезомикрофонов от слуховых аппаратов в сравнении с частотной характеристикой динамического микрофона МД-47. Как видно из этого рисунка, пьезомикрофоны имеют среднюю чувствительность от 50—60 до 80—100 мВ со значительным подъемом в области 2—4 кГц (собственный резонанс диафрагмы), где чувствительность достигает до 200 мВ, а в некоторых экземплярах и еще больше.

По форме частотной характеристики и значению чувствительности разные экземпляры пьезомикрофонов имеют значительный разброс. Для нормальной работы такие микрофоны должны подключаться на нагрузку не менее 3—5 Мом и размещаться в непосредственной близости к микрофонному (входному) каскаду усилителя.

Выпускаются два типа пьезомикрофонов: круглые (диаметром 35 и высотой 6 мм) от слухового аппарата «Звук» и прямоугольные (размерами 22,5 X 16 X 6 мм) от аппаратов «Слух» и «Кристалл». Вес таких микрофонов небольшой (порядка 10—15 г). Емкость пьезоэлементов порядка 500—1 500 пф. В круглом микрофоне внутри вмонтировано сопротивление в 5 Мом, подключенное к выводным контактам.

Конденсаторные микрофоны

Весьма высокая чувствительность, а также широкополосная и равномерная частотная характеристика отличают конденсаторные микрофоны от других типов. А если к этому прибавить еще возможность легко и даже дистанционно в широких пределах изменять характеристику направленности, то станет понятным широкое распространение в настоящее время конденсаторных микрофонов в высококачественных системах радиовещания и звукозаписи.

Звукоприемник, или капсуль конденсаторного микрофона, представляет собой плоский воздушный конденсатор, у которого одна обкладка служит мембраной, воспринимающей звуковые колебания. Выполняется эта обкладка из тонкой (20—30 мк) дюралюминиевой фольги или из еще более тонкой металлизированной с одной стороны полимерной пленки. Вторая обкладка, массивная и неподвижная, располагается с небольшим зазором (20—40 нк). Такой капсуль может быть небольших габаритов с емкостью порядка нескольких десятков пикофард.

Капсуль конденсаторного микрофона М включается в схему последовательно с нагрузочным сопротивлением R_a и источником

постоянного (поляризующего) напряжения Б. Принцип действия конденсаторного микрофона заключается в том, что когда под действием звуковой волны мембрана колеблется, то изменяется емкость капсюля, а следовательно, и ток в цепи. При возрастании емкости возникает ток заряда, а при ее уменьшении—ток разряда; таким образом, в цепи будет протекать переменный ток, создающий на сопротивлении нагрузки R_h переменное напряжение, соответствующее звуковому давлению на мембране капсюля.

Чтобы при малой емкости капсюля чувствительность конденсаторного микрофона не снижалась даже на самых низших частотах (30—50 гц), когда емкостное сопротивление капсюля наибольшее, нагрузочное — сопротивление должно быть очень большим (до 100 Мом и более). При малой емкости капсюля и большом нагрузочном сопротивлении исключается обычное присоединение микрофона к усилителю даже сравнительно коротким кабелем (1,5—2 м и более), иначе резко упадет чувствительность микрофона и возрастет уровень собственного Шума и наводимых помех, поэтому в конструкцию конденсаторного микрофона всегда входит ламповый согласующий каскад, выполняемый либо по трансформаторной схеме, либо по схеме катодного повторителя.

Для питания этого каскада и подачи на капсюль поляризующего напряжения (порядка 50—100 в) в комплект конденсаторного микрофона всегда входит отдельное специальное питающее устройство, наличие которого несколько понижает эксплуатационные качества конденсаторных микрофонов по сравнению с микрофонами других типов.

Студийный конденсаторный микрофон типа 19А-4 имеет две характеристики направленности: одну круговую, а другую близкую к кардиоиде, осуществляемую акустическим способом. Их переключение производится поворотом экрана из органического стекла, надетого на

капсюль микрофона, при этом открываются или закрываются отверстия в корпусе капсюля. При открытых отверстиях на тыльную сторону мембраны будут воздействовать звуковые колебания, прошедшие через специальную механоакустическую систему, и характеристика направленности будет в виде кардиоиды, а при закрытых отверстиях она становится круговой. Частотные характеристики микрофона 19А-4 для обоих видов направленности (рис. 9) лежат в диапазоне 50—12 000 гц при неравномерности не более 10 дб.

Высокие параметры конденсаторных микрофонов при малых габаритах капсюля определяют их особую пригодность для акустических измерений.

Так, например, специально для измерительных целей предназначается микрофон МК-5, имеющий круговую характеристику направленности.

В приложении приводятся основные параметры и некоторые конструктивные данные большинства типов микрофонов, многие из которых уже ряд лет выпускаются нашей промышленностью и находят широкое применение.

В конденсаторном микрофоне звук воздействует на мембрану, являющуюся одной из обкладок конденсатора. Этот конденсатор включен в последовательную цепь с источником постоянного тока. При звуковом воздействии на мембрану она начинает колебаться, вызывая изменение емкости, которое, в свою очередь, превращает постоянное напряжение источника в переменное. В силу ряда особенностей использования конденсатора в качестве электроакустического преобразователя конденсаторный микрофон всегда снабжается специальным усилителем, согласующим выход микрофона с входом нагрузки.

Большинство микрофонных предусилителей являются транзисторными. Однако существует ряд дорогих студийных моделей с

ламповыми усилителями. Их неточно называют «ламповыми микрофонами». Лампа используется здесь только с целью добиться так называемого «лампового звука», который предпочитают ценители.

Конденсаторные микрофоны делятся на микрофоны с большой диафрагмой и с малой. Первые в силу размеров, дизайна и изрядной цены используются только в студии, вторые более универсальны.

Особой разновидностью конденсаторного микрофона является электретный микрофон, у которого пластины конденсатора, изготовленные из специального материала, постоянно заряжены и не требуют источника напряжения. Этот источник в электретных микрофонах все же имеется, но только для питания микрофонного усилителя, который так же необходим в электретных микрофонах, как и в обычных конденсаторных микрофонах.

Большинство современных конденсаторных микрофонов используют постоянное напряжение 48 В, которое подается от специального источника питания, либо с микшерного пульта, имеющего функцию так называемого «фантомного питания». Многие профессиональные видеокамеры также имеют возможность подачи фантомного питания для того, чтобы использовать в видеосъемке внешние конденсаторные микрофоны.

С точки зрения пространственных характеристик микрофоны делятся, прежде всего, на направленные и ненаправленные. Направленность определяется как изменение чувствительности микрофона при перемещении источника звука неизменной интенсивности относительно оси, перпендикулярной плоскости диафрагмы.

Естественно, что наиболее чувствителен микрофон именно по этой оси. Однако поведение микрофона по мере отклонения источника от этой оси может быть различно:

-в случае, если чувствительность меняется очень слабо, микрофон является ненаправленным, и его характеристика направленности графически изображается в виде круга;

-если чувствительность в пределах фронтальной полусферы меняется мало, а чувствительность со стороны тыльной полусферы резко падает, микрофон является односторонненаправленным. Поскольку график характеристики направленности напоминает сердце («крендель»), то такой микрофон называется кардиоидным;

-если у кардиоидного микрофона чувствительность при отклонении от оси сильно ослабляется, образуя вытянутую кардиоиду («грушу»), это суперкардиоидный микрофон;

-в случае резкого падения чувствительности микрофона при отклонении от оси, этот микрофон является гиперкардиоидным, или остронаправленным;

-существуют также двусторонненаправленные микрофоны, график характеристики которых представляет собой «восьмерку».

При этом следует учитывать, что характеристики направленности сильно зависят от соотношения длины волны и размеров микрофона, то есть от частоты звука. В отношении низких частот направленность микрофонов проявляется меньше, в отношении высоких — больше.

1.2. Примеры и характеристики некоторых микрофонов.

1.2.1. МД-186. Широкополосный двухкапсюльный кардиоидный динамический микрофон

Широкополосный (30-18000 Гц) двухкапсюльный кардиоидный динамический микрофон, предназначен для звукозаписи, звукопередачи и звукоусиления с радиоаппаратурой профессионального назначения в закрытых помещениях и студиях. Функциональные возможности микрофона расширяет электрический корректор, обеспечивающий спад частотной характеристики к частоте 50Гц на -7 и -12 дБ. В микрофоне используется коннектор типа XLR-3.

1	Характеристика направленности	Кардиоида
2	Частотный диапазон, Гц	31-18000
3	Чувствительность на 1000 Гц, мВ/Па	1,3±0,3
4	Выходной импеданс, Ом	250±50
5	Уровень шумов, Дб	<15
6	Температурный диапазон, 0С	15 / 50
7	Влажность, %	85
8	Размеры, мм	Ø 24 x 206
9	Вес, кг	0,3

1.2.2. МД-87а. Концертный динамический микрофон ближнего действия

Концертный микрофон ближнего действия, односторонне направленный (суперкардиоида) с эластичной подвеской капсуля и встроенной ветрозащитой, обеспечивает эффективное подавление акустических, ветровых и механических помех, включая поглощение шумов, возникающих от контакта рук исполнителя с корпусом микрофона.

В звуковом поле дальних источников частотные характеристики имеют спад к низким частотам, который выравнивается в рабочем положении по отношению к исполнителю за счет эффекта ближней зоны, что вместе с направленной пространственной характеристикой обеспечивает возможность работы на значительных уровнях громкости без опасности возникновения акустической "завязки". Микрофон МД-87А имеет диафрагму с двойным куполом, что обеспечивает достаточный уровень чувствительности в низкочастотном диапазоне.

1	Характеристика направленности	Кардиоида
2	Частотный диапазон, Гц	40-16000
3	Чувствительность на 1000 Гц, мВ/Па	1,3-2,6
4	Выходной импеданс, Ом	250±50
5	Уровень шумов, Дб	<15
6	Температурный диапазон, 0С	-20 / +50
7	Влажность, %	93
8	Размеры, мм	Ø 50 x 197
9	Вес, кг	0,3

1.2.3. МД-380. Речевые динамические высокочувствительные микрофоны

Речевые микрофоны с высокой чувствительностью (2 мВ/Па), хорошей направленностью во всем диапазоне частот за счет широкой диафрагмы и специального фазосдвигающего входного рупора и оптимальной частотной характеристики для передачи речи и защиты от самовозбуждения. Микрофон МД-380А (удлиненный корпус) может использоваться в ручном варианте, МД-380 (съемный кабель) может устанавливаться на настольных стойках трубчатого типа или "гусиная шея". Микрофон рассчитан на использование в любых помещениях и на открытом воздухе (с ветрозащитой).

1	Характеристика направленности	Кардиоида
2	Частотный диапазон, Гц	60-14000
3	Чувствительность на 1000 Гц, мВ/Па	2,0
4	Выходной импеданс, Ом	250±40
5	Уровень шумов, Дб	<12
6	Температурный диапазон, 0С	-20 / +50
7	Влажность, %	85
8	Размеры, мм	Ø 24 x206
9	Вес, кг	0,23

1.2.4. МД-78а. Концертный динамический микрофон ближнего действия

Концертный микрофон ближнего действия, односторонне направленный (кардиоида) с эластичной подвеской капсуля и встроенной ветрозащитой, обеспечивает эффективное подавление акустических, ветровых и механических помех, включая поглощение шумов, возникающих от контакта рук исполнителя с корпусом микрофона.

В звуковом поле дальних источников частотные характеристики имеют спад к низким частотам, который выравнивается в рабочем положении по отношению к исполнителю за счет эффекта ближней зоны,

что вместе с направленной пространственной характеристикой обеспечивает возможность работы на значительных уровнях громкости без опасности возникновения акустической "завязки". Микрофон МД-78А имеет два разнесенных вторых акустических входа, что обеспечивает достаточный уровень чувствительности в низкочастотном диапазоне.

1	Характеристика направленности	Кардиоида
2	Частотный диапазон, Гц	50-15000
3	Чувствительность на 1000 Гц, мВ/Па	2,0
4	Выходной импеданс, Ом	200±60
5	Уровень шумов, Дб	<10
6	Температурный диапазон, 0С	-20 / +50
7	Влажность, %	93
8	Размеры, мм	Ø 52 x181
9	Вес, кг	0,23

1.3. Полупрофессиональный динамический микрофон

Полупрофессиональный односторонненаправленный динамический микрофон с несимметричным выходом. Предназначен как для звукозаписи (бытовые магнитофоны), так и для соло-вокала. Характеристика направленности - близкая к кардиоиде, встроенная ветрозащита, амортизация капсуля, широкий диапазон частот (50-16000 Гц), достаточно высокая (2мВ/Па) чувствительность. Помимо всех вышеперечисленных достоинств это один из самых недорогих микрофонов на отечественном рынке.

1	Характеристика направленности	Кардиоида
2	Частотный диапазон, Гц	50-16000
3	Чувствительность на 1000 Гц, мВ/Па	2,2±0,7
4	Выходной импеданс, Ом	200±60
5	Уровень шумов, Дб	<30
6	Температурный диапазон, 0С	-20 / +50
7	Влажность, %	93
8	Размеры, мм	Ø 51 x180
9	Вес, кг	0,18

1.3.1. МД-80м. Динамический кардиоидный малогабаритный микрофон

Динамический кардиоидный малогабаритный микрофон, специально предназначенный для передачи речи в акустически неблагоприятных условиях. Обладает повышенной помехозащищенностью по отношению к акустическим "завязкам" за счет высокой направленности и специальной частотной характеристики (спад низких частот от 500 Гц) и электромагнитным наводкам за счет специального антифонного фильтра. В микрофоне используется соединитель XLR-3.

	Характеристика направленности	Кардиоида
1	Частотный диапазон, Гц	100-15000
2	Чувствительность на 1000 Гц, мВ/Па	1,3±0,3
3	Выходной импеданс, Ом	200±40
4	Уровень шумов, Дб	<22
5	Температурный диапазон, 0С	-20 / +50
6	Влажность, %	93
7	Размеры, мм	Ø 24 x69
8	Вес, кг	0,11

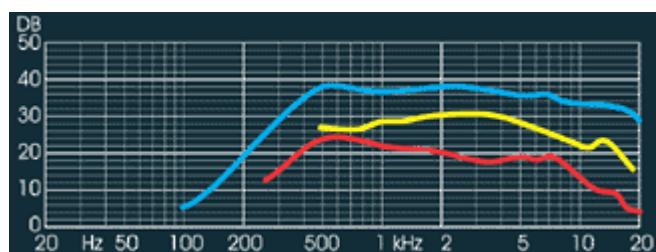


Рисунок 1.1.10. Логарифмический график микрофона

1.3.2. МД-205. Концертный гиперкардиоидный микрофон ближнего действия

Концертный гиперкардиоидный микрофон ближнего действия с эластичной подвеской капсуля и встроенной ветрозащитой, обеспечивает эффективное подавление акустических, ветровых и механических помех, включая поглощение шумов, возникающих от контакта рук исполнителя с корпусом микрофона.

В звуковом поле дальних источников частотные характеристики имеют спад к низким частотам, который выравнивается в рабочем положении по отношению к исполнителю за счет эффекта "ближней зоны", что вместе с направленной пространственной характеристикой обеспечивает возможность работы на значительных уровнях громкости без опасности возникновения акустической "завязки". Микрофон имеет диафрагму с жестким куполом, что обеспечивает высокий уровень чувствительности в широком диапазоне частот.

АЧХ микрофона

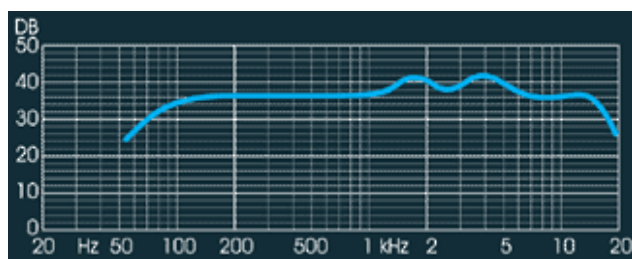


Рисунок 1.1.9. Логарифмический график микрофона с одной линией

Выполненный на высокоэффективном магните гиперкардиоидный микрофон МД-205 является превосходным формантным микрофоном, что обеспечивается за счет подъема до 6 дБ частотной характеристики чувствительности в области второй певческой форманты.

Все это, наряду с достаточно невысокой ценой по сравнению с зарубежными аналогами, делает этот микрофон наиболее привлекательным для вокалистов и для концертных целей (возможна поставка со шнуром длиной 1,5; 3; 5 и 10 метров (по выбору потребителя) с соединителями XLR-3).

Табли 4

1	Характеристика направленности	Гиперкардиоида
2	Частотный диапазон, Гц	60-16000
3	Чувствительность на 1000 Гц, мВ/Па	1,6±0,3
4	Модуль полн. электр. сопротивл., Ом, не более	350±50
5	Уровень шумов, Дб	<22
6	Температурный диапазон, 0С	-10 / +50

7	Влажность, %	93
8	Размеры, мм	Ø52 x 174
9	Вес, кг	0,31
10	Рекомендуемый входной импеданс усилителя, Ом, не менее	100
11	Уровень эквивалентного звукового давления, обусл. воздействием электромагн поля, дБ, не более	15
12	Тип разъёма	XLR-3

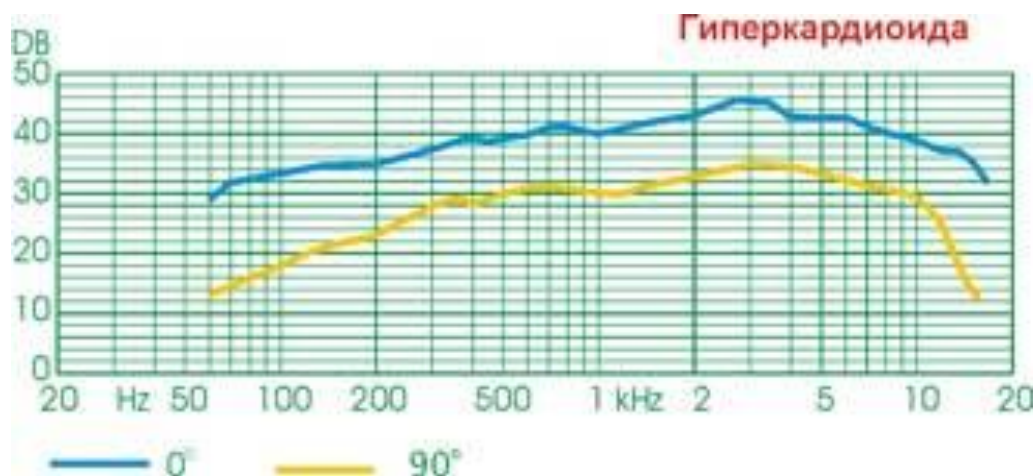


Рисунок 1.1.9. Логарифмический график микрофона с кардиоидой

Радиомикрофоны создаются на базе стандартных микрофонных головок (капсюлей), поэтому их акустические характеристики практически идентичны базовым проводным аналогам.

Параметры микрофонов охватывают ряд характеристик, отраженных, как правило, в их технической документации.

-Номинальный диапазон частот, в котором сигнал на выходе микрофона может быть зарегистрирован. Чем он шире, тем выше класс микрофона.

-Неравномерность частотной характеристики тесно связана с номинальным диапазоном частот и обозначает разность между максимальной и минимальной чувствительностью микрофона в пределах номинального диапазона частот. Чем меньше неравномерность и ровнее кривая чувствительности, тем лучше микрофон.

-Чувствительность микрофона — это отношение выходного напряжения к звуковому давлению, выражается в милливольт на паскаль

(мВ/Па). Так как звуковое воздействие на микрофон может быть самым разным, измерение чувствительности стандартизировано: оно производится в условиях действия прямой звуковой волны (так называемое «свободное поле») на частоте 1000 Гц. Чувствительность конденсаторных микрофонов значительно выше чувствительности динамических.

-Перепад чувствительности «фронт/тыл» не нуждается в особых разъяснениях. Его значение различно для разных типов направленности микрофонов.

-Выходное сопротивление и сопротивление нагрузки (в Омах) тесно связаны между собой и измеряются, как правило, на частоте 1000 Гц. При этом сопротивление нагрузки должно быть в несколько раз больше, чем выходное сопротивление (не меньше, чем в три раза).

-Уровень чувствительности, который следует отличать от просто чувствительности, зависит от номинального сопротивления нагрузки. Стандартный уровень чувствительности выражается в децибелах (дБ) и отражает уровень мощности, развиваемой микрофоном в номинальную нагрузку при давлении в один паскаль. При этом, чем меньше сопротивление нагрузки (и, стало быть, выходное сопротивление микрофона), тем выше уровень чувствительности микрофона.

-Предельное звуковое давление измеряется в диапазоне средних частот и указывает, при каком уровне гармоник превысят 0,5%. Для профессиональных микрофонов это число достигает гигантского значения — до 140 дБ.

-Уровень собственных шумов микрофона определяется как уровень эквивалентного звукового давления при отсутствии воздействующего звукового сигнала и измеряется в децибелах. Чем ниже значение этого параметра, тем, естественно, лучше. Для профессиональных микрофонов он составляет 20 дБ и менее.

-Динамический диапазон микрофона — это разность между предельным звуковым давлением и уровнем собственных шумов.

Долгое время в качестве сценических использовались по преимуществу динамические микрофоны — они более компактны, лучше переносят перемещение во включенном состоянии, не требуют фантомного питания.

С появлением электретных конденсаторных микрофонов, сочетающих высокое качество звукопередачи с удобством мобильного использования, их стали активно применять на сцене. В последние годы разными фирмами были созданы конденсаторные микрофоны с дизайном обычных «ручных» динамических микрофонов. Они предназначены, прежде всего, для вокалистов.

Очень популярны в последние годы миниатюрные микрофоны, совершенно незаменимые в мюзиклах, где микрофоны необходимо «скрыть с глаз долой». Это и обычные «петличные» микрофоны, и микрофоны-«спички», приклеиваемые к лицу или голове артиста и маскируемые гримом. Несмотря на миниатюрность, они имеют достаточно хорошее качество передачи звука, — однако тем, кто намерен ими пользоваться, следует помнить про довольно высокий уровень внутреннего шума этих микрофонов.

Еще один особый тип микрофонов с успехом применяется на сцене, прежде всего в театральных постановках — микрофоны граничного слоя, или PZM-микрофоны. Их отличительная особенность: с изменением расстояния от источника очень мало изменяется тембр передачи звука. В театре эти микрофоны устанавливают прямо на полу сцены, обычно у рампы, и с их помощью снимают звук с довольно большой площади.

Современное звукоусиление всегда диктует необходимость выбора микрофонов разного типа направленности. Это, за редким исключением, односторонненаправленные микрофоны. Поскольку в большинстве

случаев сейчас используются системы мониторингового озвучивания сцены, а в больших залах также и «прострел» (то есть примерно такие же акустические системы, которыми озвучивают зал, но повернутые из-за кулис вдоль сцены), это повышает требования к направленности микрофонов. Необходимость избегать возникновения акустической обратной связи, заставляет использовать супер- и гиперкардиоидные микрофоны. Однако в ряде случаев применение остронаправленных микрофонов создает проблемы — например, если исполнитель очень подвижен, перемещения его головы относительно оси направленности микрофона могут привести к резким падениям уровня звука. В этом случае лучше использовать так называемую «широкую кардиоиду». Разные источники звука обладают чрезвычайно разными частотными и динамическими характеристиками. Поэтому каждому из них необходимо подобрать свой тип микрофона с наиболее подходящими параметрами.

Основное применение в звукоусилении находят динамические микрофоны — более универсальные, стойкие к перегрузкам и более дешевые. Для вокала рекомендуются динамические микрофоны, обычно суперкардиоидные, с частотной характеристикой от 60...70 Гц и до 16...17 кГц.

Динамические микрофоны

Самыми востребованными являются микрофоны, которые имеют подвижную катушку индуктивности — так называемые динамические микрофоны. Динамические микрофоны представляют собой устройство, состоящее из голосовой катушки, магнита и диафрагмы. Эти части, соединенные между собой, являются небольшим электрогенератором, снабженным звуковым приводом. Диафрагма или, попросту говоря, пластиковая мембрана (очень тонкая) чувствительна к колебаниям звуковых волн, которые попадают на нее.

Миниатюрная голосовая катушка из проволоки крепится к мембране с задней стороны, что позволяет ей колебаться вместе с диафрагмой. Небольшой постоянный магнит образует вокруг проволочной катушки магнитное поле. Находясь в движении, голосовая катушка благодаря магнитному полю создает электрический сигнал, идентичный звуковой волне, воздействующей на диафрагму динамического микрофона.

Конструкция этого устройства достаточно проста, экономична, при этом она очень надежна. Такой микрофон можно применять практически в любой области и получать при этом достойное качество звука. С помощью динамического микрофона можно фиксировать даже очень сильные звуковые колебания, на него можно оказывать большую звуковую нагрузку без вреда для его функциональности.

Динамические микрофоны обладают также хорошими эксплуатационными характеристиками: они устойчивы к повышенной влажности и изменению температуры окружающей среды. Однако все же их применение в большинстве случаев сводится лишь к усилению звука.

Такие знаменитые фирмы как Shure, AKG, Sennheizer производят динамические микрофоны. Но не только они занимаются производством микрофонов, есть компании, которые специализируются на массовом производстве потребительской аудиотехники. Это такие компании как Sony, Genius, Creative, Philips и другие. Эти фирмы-производители на сегодняшний день производят достаточно большое количество динамических микрофонов, которые имеют разную стоимость – от нескольких долларов до тысячи. Причем модели могут разделяться в зависимости от того, какая цель преследуется – будет ли это запись звука рабочего барабана или же это будет подзвучивание контрабаса.

Динамический (электродинамический) микрофон — наиболее распространённый тип конструкции микрофона. Он представляет собой мембрану, соединённую с лёгким проводом, который помещен в сильное

магнитное поле, создаваемое постоянным магнитом. Колебания давления воздуха (звук) воздействуют на мембрану и приводят в движение провод тока. Когда провод тока пересекает силовые линии магнитного поля, в нем наводится ЭДС индукции. ЭДС индукции пропорциональна как амплитуде колебаний мембраны, так и частоте колебаний.

В отличие от конденсаторных микрофонов, динамические микрофоны не требуют фантомного питания.

Технические характеристики

При изучении микрофона, необходимо ознакомиться со спецификациями и техническими характеристиками некоторых моделей. Часто встречаются такие понятия как импеданс (сопротивление), эффект близости и обратная связь. Электрическое сопротивление, которое микрофон будет выполнять идущему на него потоку, называется импеданс. Здесь микрофон делят на высоко импедансные и низко импедансные. Более высоким уровнем звукового сигнала обладает высоко импедансный микрофон (от 5-10 КОм). Он является бюджетным и полу профессиональным для звукозаписи.

Низкоимпедансные микрофоны (250 Ом и ниже) чаще всего используют в профессиональных студиях. Они имеют более низкий уровень передачи, менее восприимчивы к шуму и обладает так называемым эффектом близости (proximity effect) – это тот эффект который появляется, если держать динамический микрофон в непосредственной близости к источнику сигнала. Чем ближе будет к микрофону источник звука, тем сильнее будут различаться длина звуковых дорожек. Соответственно это будет усиливать низкие частоты. Многие уже достаточно опытные вокалисты используют именно этот эффект, однако бывают ситуации, когда он приводит к худшему звучанию.

Практически все микрофоны имеют акустический эффект – обратную связь. В студии, возможно, он не так заметен, но он есть.

Обратная связь возникает из-за того, что сигналы попадают в расщелины или студийные мониторы, и, возвращаясь снова, попадают в микрофон.

Микрофоны

В данном разделе рассматриваются вопросы формирования звукового тракта. Под звуковым трактом понимается весь комплекс аппаратуры от приема сигнала до его воспроизведения.

В достаточно грубом приближении звуковой тракт можно разделить на следующие части: приборы формирующие сигнал, микшеры, приборы обрабатывающие сигнал, и приборы занимающиеся его воспроизведением (запись звукового сигнала также относится к этому разделу).



Рисунок 1.10. Схема формирования звукового сигнала

Приборы, формирующие звуковой сигнал

Акустический сигнал по своей сути является сигналом электрическим. Соответственно, сам по себе в звуковом тракте он не возникает (если и возникает, то только как разного рода помехи), а соответственно нужен набор приборов осуществляющих формирование этого сигнала. Эти приборы можно разделить на три группы: Микрофоны, Устройства воспроизведения записанного сигнала, Музыкальные инструменты.

Микрофоны

В основе работы микрофонов лежит преобразование акустического давления в электрический сигнал. Другими словами он преобразует энергию звука в электрическую энергию. Источники акустического давления - это голос и акустические музыкальные инструменты.

Сами микрофоны различаются по нескольким параметрам: по типу, по направленности, по исполнению.

Типы микрофонов: Динамический

Динамические микрофоны представляют собой по сути динамик, только наоборот. Так же как и у динамика, такой микрофон имеет мембрану с катушкой, которая движется в магнитном поле. Звуковое давление приводит мембрану в движение, катушка начинает двигаться в магнитном поле и вырабатывается электрический ток. Динамические микрофоны имеют свои преимущества и недостатки. Среди недостатков можно отметить массивность мембраны, которая приводит к плохим результатам при восприятии верхних частот (искажения АЧХ), а так же при восприятии коротких, острых сигналов. Но массивность мембраны играет и положительную роль. Во-первых динамические микрофоны менее подвержены искажениям при снятии сигнала с сильным звуковым давлением (например барабаны) К тому же динамические микрофоны менее подвержены возбуждению от обратной связи (Feedback).

Микрофоны других типов

Для записи дикторского текста иногда может применяться ленточный микрофон. Он основан на том же принципе, что и динамический, но не имеет мембраны. Вместо нее используется маленькая полоска фольги, подвешенная в сильном поле и приводимая в движение непосредственно звуковой волной. Благодаря такой конструкции ленточный микрофон точнее передает звуки, особенно не слишком слабые, такие как речь, и поэтому хорошо подходит для речевого вещания. Но для других целей они слишком тяжелы и не очень чувствительны.

В пьезоэлектрическом микрофоне на мембране укреплена кристаллическая или керамическая пластинка, которая вырабатывает электрическое напряжение при изгибе, а принцип действия угольного микрофона основан на электропроводном устройстве порошка угля,

находящегося под давлением. Эти два типа микрофонов отличаются невысокой точностью передачи звука и большим уровнем шума, поэтому они почти вышли из употребления;

Таблица 4. Примеры динамических микрофонов

Beyerdynamic	OPUS 29 S	Динамический вокальный узконаправленный микрофон с выключателем, 50-16000Гц, 2,4 мВ/Па. В комплекте кабель XLR-XLR 5 м
Beyerdynamic	OPUS 39	Динамический вокальный узконаправленный микрофон, 50-16000Гц, 2,4 мВ/Па.
Beyerdynamic	OPUS 39 S	Динамический вокальный узконаправленный микрофон с выключателем, 50-16000Гц, 2,4 мВ/Па

Заключение по первой главы.

В заключение первой главы надо отметить то что теритические и практические ислледования привели к тщательного анализу и усовершенствование системы.

Изучение акустических сигналов и принципов обработки были проведены с целью боле близкого изкчения принципов преобразования аноалоговых сигналов. В том числе анализ и изучение разных микрофонов дает разнообразность преобразования непрерывных сигналов с разными видами микрафонов. Между такими как лазерными и динамическими или магнитоэлектрическими. Ихные параметры, такие как направленность, диаграммы навравленности дает возможности представлении о параметрах дистанционного лазерного мкрофона.

II. АНАЛИЗ ПРИНЦИПОВ РАБОТ И РАЗНОВИДНОСТИ ОСЛАБЛЕНИЙ СУЩЕСТВУЮЩИХ ДИСТАНЦИОННЫХ, АКУСТИЧЕСКИХ ЛАЗЕРНЫХ МИКРОФОНОВ И ПОДХОДЫ МЕТОДАМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИЙ

2.1. Актуальные проблемы приёма энергии сигналов лазера из расстояний.

С развитием современных лазерных технологий, и появляются и проблемы приёма и передачи интерференционных сигналов из разнообразных объектов и субъектов. Для того понимать эти аспекты вопросов необходимо ряд практические и теоретические исследования касательных процессов и устройств дистанционного акустического лазерного микрофона (ДАЛМ). Эти аспекты требует и диктует проектировать конкурентоспособные устройства.

На рисунке приводится предложение построить простого лазерного микрофона, передающего акустического сигнала и его приёмника.

Под вопросом анализа данной системы дистанционного акустического лазерного микрофона лежат проблемы:

- Проблема принятой мощности у входа приёмника;

Если у входа приёмника недостаточный сигнал, то появляется проблемы обработки сигналов или не понимание уровня устройством, что приводит к запросу сигнала. Это проблема требует сложных, цифровых методов обработки. И оказывает отрицательное влияние к результатам функций системы.

-Обеспечение идентичности переданного сигнала к принятому (качество) [25];

Так как передаваемые сигналы является процессами сигналов заранее известными параметрами необходимо обеспечить идентичность

переданного сигнала к принятому сигналу. Поэтому перед системами и специалистами стоит проблема обработки сигналов процессов.

Такая поставка вопроса требует от специалиста знаний ряд предметов, таких как математика, физика, предметов телекоммуникационных систем и сетей, схемотехника и другие. Такие проблемы решаются достаточных практических навыков и математических и системных анализов со стороны проектировщика. В том числе и инженерных решений.

- Устойчивость процессов и устройств оборудования системы;

Здесь надо понимать устойчивой работы процессов устройств оборудования системы в установленном месте также уверенная и стабильная работа при приеме сигналов и обеспечения максимальными параметрами сигналов. Предотвратить и предвидеть меры или настройки по таким отрицательным характеристикам системы.

- Принципы обработки сигналов;

Для обработки аналоговых сигналов, необходимо схемы аналоговой обработки и для обработки цифровых сигналов в цифровой части необходимо цифровые системы обработки. Известно цифровая обработка требует цифровую систему, что требует программная обработка сигналов [25].

- очистка и фильтрация отраженных полезных сигналов объекта от помех и шумов. Степень очистки и фильтрации отраженных полезных сигналов объекта от помех и шумов исходить от требований и поставленных задач и анализов. Выбор фильтров и методов очистки, а также регенераторов, усилителей проводится соответственно.

- Соблюдение или стабилизация выходного передаваемой мощности лазера.

Устанавливается требование выходной мощности лазера, при этом все элементы управления данной системы должны обеспечить устойчивую монотонную работу.

- Использование видимого света лазера при настройке системы для проведения точного максимального достижения параметров системы.

Сначала видимой части спектра света лазера нам даёт уникальную настройку для достижения максимальных параметров системы. После настройки переводить систему на невидимой части спектра лазера. Для этого необходимо использовать два лазера (невидимый и видимый) в разных целях и для настройки и для работы отдельно.

- Использовать установку сугубо мирных и дружеских целей, а также добрых и благоприятных и научно познавательной цели.

Это означает съём информации должны проводиться желательной спасательной цели, т.е. съёма информационных сигналов издаваемых от зданий или объектов при случае землетрясений или других экстремальных случаях. А не в коварных целях ущемляющие достоинство кокой-то личности или групп, а также интересы компаний.

- Настройка исходящего и принимающего луча лазера;

Исследуемый объект не всегда находится перпендикулярно в одной линии с системой. Это значит объект находится под разным углом нашей системе или могут быть дрейфующим по разной причине.

- обеспечение безопасности при распространении и приёме сигнала лазера и информационной безопасности в целом.

Этот пункт имеет ввиду, что свет лазера, является вредным для зрения человека. Особенно при применении сильных лазеров может и другие серьезные вреда живым существам. Но и не только биологическим существом, но и другим вещам и установкам тоже может он и повредить.

2.1. Актуальные проблемы приёма энергии сигналов лазера с расстояний

Существует много требований не прокладывать проводов между элементами связи технической системы или в разных условиях, когда много количество соединений может отрицательно сказаться на работе пути приема-передачи, эффективным решением может стать использование метода организации беспроводной радио или оптической передачи данных. Беспроводная связь или передачу данных можно организовать различными способами, наиболее распространенными из которых являются форматы передачи Wi-Fi, Bluetooth или другими беспроводными подключениями. Можно и включение к интернету, основными недостатками их могут быть низкая помехоустойчивость и уровень безопасности канала связи [1]. Кроме того, многие устройства работают на ВЧ радиочастотах, используемых для этих технологий. Это часто приводит к снижению скорости передачи данных линий связи. Эти минусы исключают возможность использования инфракрасного канала (ИК), который, имеет недостаток приема и передачи на короткие расстояния порядка 100 и более метров. Одним из методов беспроводной передачи информации, не использующим радиодиапазон и, соответственно, устраняющим описанные выше недостатки, может быть способ передачи информации по оптическому каналу с использованием направленного лазерного излучения. 1. Общая структура такого рода приема и передачи данных с помощью лазерного устройство приема и передачи информации с помощью лазерного излучения включает электронно-вычислительную машину, лазерный луч с широтно-импульсной модуляцией, управляемый микроконтроллером, приемное устройство на основе фототранзистора, светодиода и устройство ввода-вывода полученной информации. Общая блок-схема пути приема и

передачи данных, организованного с помощью лазерного луча, показана на рисунке ниже.

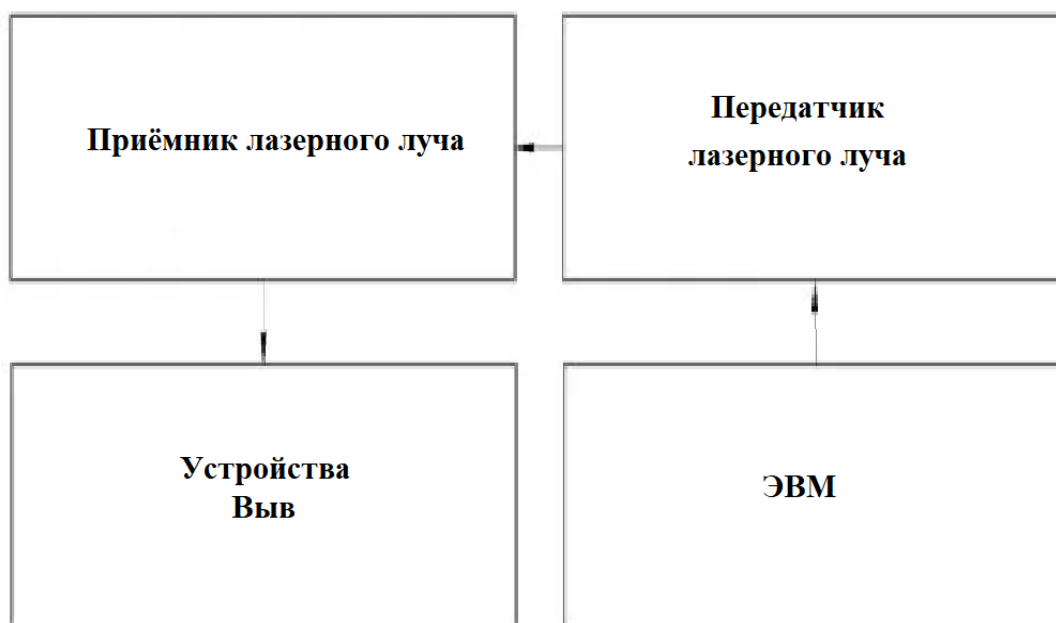


Рис. 2.1. Общая блок-схема устройства и пути приема и передачи данных с лазерным излучением.

В Общей блок-схеме устройства пути приема и передачи данных, организованного с помощью лазерного излучения, формирует набор данных, содержащий информацию, необходимую оператору для передачи в виде двоичного кода, поступающего на логические выходы микроконтроллера с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ), являющегося основой управления излучением от модуляционного блока. Кроме того, модулированный лазерный луч, интерпретируемый в заданной последовательности, частично проникает через пакеты на поверхность фотодиодов, выводы которых подключаются к АЦП приемного устройства, после чего полученные данные отправляются на устройство вывода данных. Общий схематический вид такой передачи показан на рисунке 3 в виде упрощенной модели.



Рис. 2.2. Общий схематический вид системы приема и передачи в виде упрощенной модели 2.

Аппаратно-программная реализация модуляции лазерного луча аппаратная реализация модуляции лазерного луча связана с работой каскада электрической цепи силового тактового переключателя на базе Р-канального полевого транзистора, показан на рисунках. В электрической фазе схемы выключателя питания на основе Р-канального полевого транзистора напряжение питания, поступающее с выходов источника на сток п-канального транзистора, подается на вход лазерного эмиттера с временной задержкой, повторяемой частотами управляющего сигнала, поступающего с микроконтроллера на затвор. В этом режиме работы наиболее важной характеристикой транзистора является сопротивление его Открытого канала, что очень важно учитывать при выборе модели транзистора [2]. Очень простой алгоритм временной задержки, определяемый данными в виде двоичного кода и представляющий собой простой набор из двух команд для чтения логических нулей и единиц, может быть реализован практически в любой среде аппаратного программирования микроконтроллера. В рамках описания этой системы в среде разработки пользователя использовалась соответствующая программная платформа для отладки Arduino Uno на базе Arduino IDE и микроконтроллера ATmega328. Простой список программных алгоритмов, облегчающих передачу данных за счет регулирования интенсивности лазерной модуляции, представлен на соответствующем рисунке. Алгоритм

содержит перечень программных алгоритмов, облегчающих передачу данных путем регулирования лазерной модуляции. В качестве порта модуляции ШИМ использовался порт 9 платы Arduino Uno, а в качестве временного интервала был выбран интервал 250 мс.задержка. Резюме передача информации по оптическому каналу с использованием сфокусированного лазерного излучения может быть оптимальным решением в условиях, когда необходима передача информации на большие расстояния с присущей каналу связи помехоустойчивостью и надежностью. В качестве примера таких условий можно привести конструкцию антенных сетей управляемой формы, а также исключение большого количества проводов в дополнение к получению и правильной работе данных, необходимых для минимизации их массы. В данной работе на примере упрощенного изложения будет рассмотрен способ организации методы приёма и передачи лазерного луча по оптическому каналу.

2.2. Математические подходы к созданию и работе ДАЛМ

2. 2.1. Попытки и проблемы создании приёмников сигнала

Исходя из того мы должны соблюдать меры предосторожности и проводить точную настройку при использовании таких систем использующие лазерных лучей.

- Применение эффективных методов проектирование при разработке приёмника и передатчика таких систем.

Это означает, что при проектирование приёмника и передатчика или части таких систем применить эффективные методы при разработки. Таким технологическим методам разработок могут, относится разные симуляторы, программы, такие как Matlab, Proteus, Packet Tracer другие. Это сэкономить и рабочий времени проектировщиков и сэкономить радиодеталей.

- применения программ разработки монтажных и печатных плат устройств системы. Такие, как, «Протеус», «Мультисим» и другие программы.

- подробное и доскональное, тщательное изучение принципов, процессов, строений устройств и схемы а также описаний системы ДАЛМ (дистанционный акустический лазерный микрофон). При этом необходимо, анализ методов, тщательное изучение принципов, процессов, строений устройств и схем а также описаний существующих систем ДАЛМ.

- При разработке системы ДАЛМ надо обратить внимание миниатюризации проектируемой установки.

Современная элементная база и радиодетали на основе микро технологий и нано технологий позволяет разработать более компактные аппараты и изящнее дизайны проектируемых устройств.

- Использование малогабаритных и мощных источников питания;

Блоки питания всех устройств очень важный элемент системы. Они позволяют надежную работу и компактность, уверенную работу системы. При проектировании системы надо будет применить современные блоки питание. Например: Li-Ион батарея или другие.

- разработка удобной и надёжной системы управления и пульта управления системы. Под этим подразумевается, что органы и другие блоки управления (кнопки, тумблера, индикаторы, вращающиеся части, указатели градусов отклонений) системами должно быть удобными для управления и надежными для управления и настройки, а также контроля системы.

- Проблема изменения ингредиентов и концентраций ингредиентов также плотности атмосферы.[23]. Исследуя теорию работу системы несомненно анализировать изменения ингредиентов и концентраций ингредиентов также плотности атмосферы в реальных и идеальных

условиях.[23]. Это задаёт достаточные вопросы для проведения ряда научных исследований.

- Уделить внимание дизайну устройства и разрабатываемого аппарата.

Данное условие исходит из того что современные устройства, аппараты, оборудование или другие аксессуары любой системы должно выглядеть удобным, красивым, должно быть конкурентоспособным. Кроме того, устройство служить обществу не раз а многократно, поэтому все перечисленные характеристики, влияет общую оценку проектируемого устройства.



Рис 2.3. Схема обработки интерференционных сигналов.

И показывает каким интересом и любовью а также матерством проектировщики разработали данное устройства. В примере простого лазерного акустического и лазерного микрофона (рисунок 1) луч лазера достигая фототранзистору, создает достаточный потенциал у входа первого каскада усилителей. [26]. Этот схема использовалось для примера начальной части системы. Для полного анализа работу систему можно

усовершенствовать и внедрить цифровую систему обработки. Это требует еще более сложных дополнений систему ДАЛМ. Ниже в блок схеме (рис 3) указано виды обработки интерференционных сигналов от отражаемого объекта.

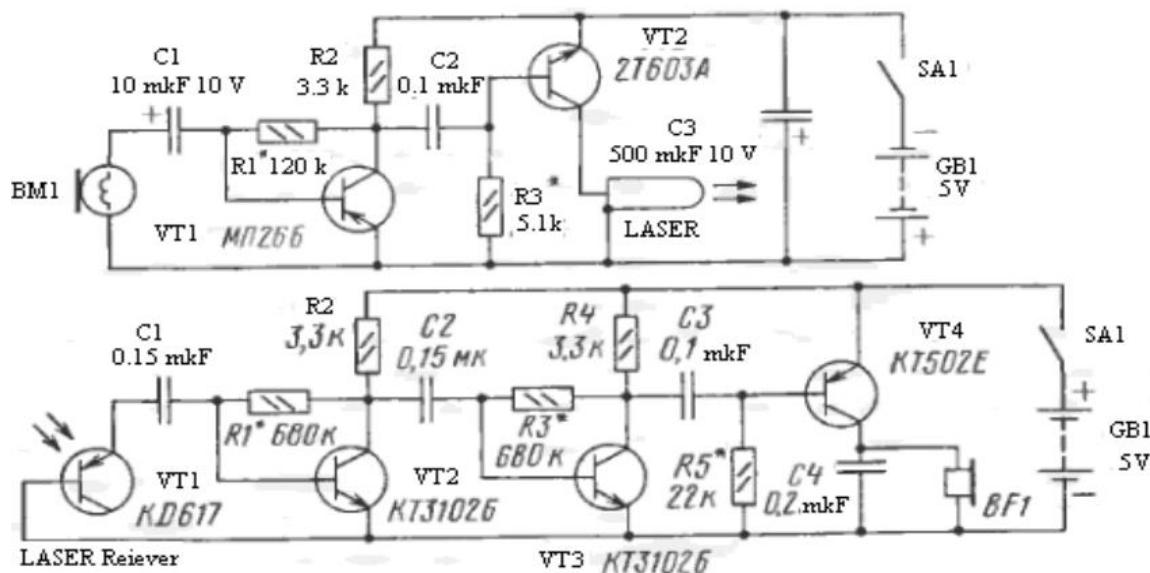


Рис 2.4. Простая двух целевой схемы передачи и приёма акустического сигнала лазера. [26]

Заключения второй главы

В заключение второй главы надо отметить то что все выводы по завершение исследования и теритические и практические результаты давали более сложные результаты. Которые подлежат еще тщательного анализ и усоршетсвоание системы ДАЛМ. И предлагаемые схемы и изученные из источников не утишает исследователей и автора о том что изученные проекты не имеют недостатков. Исходя из того, что нами исследованный проект имеет ряд недостатков. В дальнейшем надо разработать и усовершенсвоат данный проект. Недостатки исследуемого проекта и разработки:

- проект имеет боле простой схеми для анализа;
- надо развивать функциональную возможности устройства;
- приминить боле точных и комплексных математических анализов;

- углублять цепей и каскадов обработки сигналов системы;
- применить цифровую систему и миниатюризацию аппаратной части;

III. ИЗУЧЕНИИ ПОДХОДА ПРИМЕНЕНИИ ТЕОРИИ РАСЧЕТА И МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРАБАТЫВЕМОГО ДИСТАНЦИОННОГО ЛАЗЕРНОГО МИКРАФОНА

3.1. Теоретический подход к расчета.

Данная часть посвящено проблемам симуляции и моделирования взаимодействия лазерного излучения с активными средами оптическими элементами полупроводниковых лазеров, включая диэлектрические градиентные зеркала. Особое внимание уделено изучению влияния оптических неоднородностей на угловые характеристики излучения твердотельных лазеров В первой части пособия рассмотрены процессы лазерной генерации с использованием "точечной модели" полупроводникового лазера, основанной на применении системы балансных уравнений, а также процессы распространения лазерного излучения в резонансно-усиливающих и резонансно-поглощающих средах. Представленные в этой, а также последующих частях, примеры задач лазерного микрофона применением математического пакета Mathcad. В материалы каждой задачи включены варианты заданий для самостоятельной работы студентов. Вторая часть пособия посвящена моделированию воздействия оптических неоднородностей на угловые характеристики лазерного излучения. В первом подразделе второй части рассмотрены вопросы моделирования амплитудно-фазового отклика диэлектрических градиентных зеркал, применяемых в резонаторах твердотельных лазеров. Приведенные во второй части задачи связаны с исследованием типов схем и режимов разного типа лазерных микрофонов. Рассмотрены задачи, связанные с влиянием линзы в активных элементах на угловые характеристики излучения твердотельных лазеров с устойчивыми

резонаторами. Дистанционные акустические лазерные микрофоны редко используются для решения задачи удаленного съема информации и данных. Их можно использовать в основном при отсутствии передающих устройств или при необходимости информационной безопасности. Таким образом, они позволяют организовать связь по симплексному каналу связи [1, 2]. Поскольку на лазерный микрофон влияют изменения координат неподвижной (на практике все движется) поверхности, его можно использовать, например, для обнаружения движения или активности объекта. Существуют и другие потенциальные возможности использования этого типа связи, если к корпусу рефлектора прикреплена какая-либо отражающая поверхность, даже для человеческого тела даже можно определить сердцебиение, обнаружения дыхания [6] или для обнаружения параметров зданий в пределах его досягаемости. используется в таких задачах, как мониторинг работы. Преимуществами таких систем являются быстроедействие (поскольку информация передается посредством оптического излучения, а ее скорость близка к скорости света и ограничена только скоростью обработки информации) и возможность удаленного доступа с места сбора информации. Принцип его работы показан на рисунке 3.1.

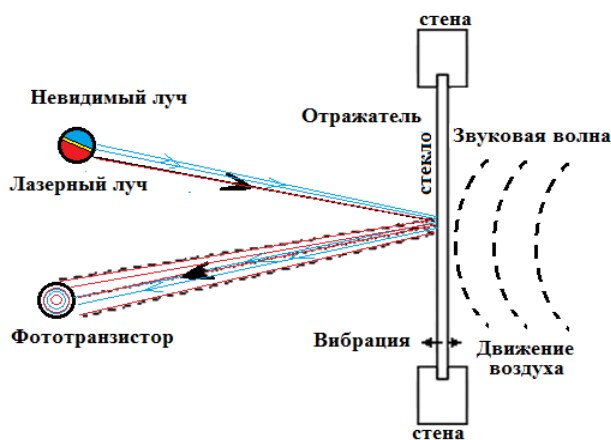


Рисунок 3. 1. Общая структура и принцип работы выносных акустических лазерных микрофонов.

Свет лазерного луча направляется от источника к поверхности (рефлектору) которого отражает световой пучок. Угол отражения лазерного луча изменяется при вибрации рефлектора. Таким образом, световой поток интенсивно модулируется. Отраженный свет (от объекта) принимается фототранзистором оптического приемника, расположенным в точке приема света. Изменения направления отраженного света при колебаниях рефлектора приводят к соответствующим изменениям состояния светового потенциала в светочувствительном элементе оптического приемника (фотодиоде или фототранзисторе). Поэтому дистанционный акустический лазерный микрофон должен включать в себя несколько блоков, выполняющих соответствующие функции. Необходимо поддерживать постоянную мощность ток и светового потока лазерного диода. Поскольку лазерное излучение имеет определенную ширину диаграмму рассеивания (апертуру), для фокусировки луча оно направляется через коллиматор. Затем отраженный и коллимированный пучок попадает на приемный блок. Его вход имеет оптический фильтр с полосой пропускания, включающей длину волны лазерного диода. Такой фильтр позволяет выделить свет от входящих источников света. Более того, на фотодиод (или фототранзистор) попадает только лазерное излучение [3]. При этом световой пучок, попадающий на его светочувствительную площадку, превращается в электрический ток. Затем ток фотодиода преобразуется в напряжение через переменное динамическое сопротивление (трансимпеданс) [4, 5], так как все усилители сначала усиливают сигнал. Кроме того, первый модифицированный сигнал поступает на усилитель низкой частоты, повышающий напряжение до нужного уровня. На основании изложенного построена структурная схема лазерного микрофона, представленная на рис 3.2.

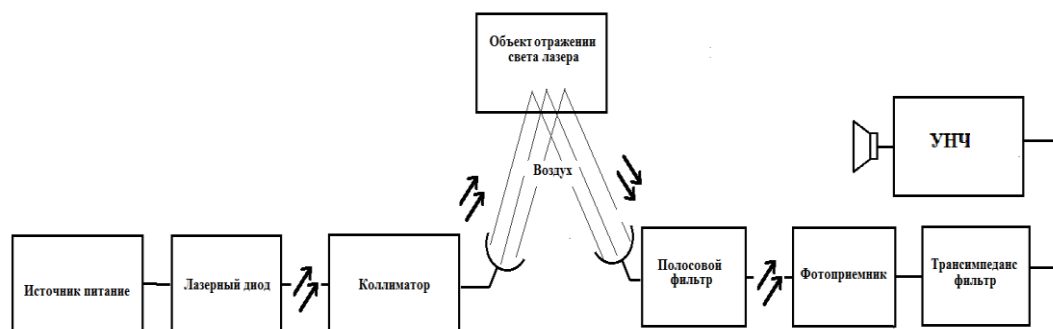


Рисунок 3.2. Блок-схема исследуемого ДАЛМ.

На электрическую часть лазерного дисководов подается питание, обеспечивающее стабильную подачу тока на лазерный диод (излучатель). Известно, что лазерный диод очень «хрупкий и онкий вещь» и проходящий через него ток, немного отличающийся от нормы, может его сжечь. Наиболее распространенное применение лазерного диода — оптические приводы (дисководы). В DVD-RW использовались лазеры, излучающие на длине волны 650 нм. Чем выше скорость записи на таких дисководов, тем больше тока потребляет лазер и тем больше у него мощность, например: - если скорость 16x - ток будет 250-260 мА, мощность 200 мВт; - при скорости 20x - ток 400-450 мА, мощность 270 мВт; - если скорость 22x - ток будет 450-500 мА, мощность 300 мВт. Исходя из этого, из ненужных оптических дисководов можно убрать достаточно мощный лазерный диод. В этом лазерном микрофоне используется лазер мощностью 50 мВт на длине волны 630 нм. Но для длительной службы не стоит подавать на него ток выше 50 мА, так как при нагреве увеличивается постоянный ток, протекающий через лазер и он может «сгореть». В качестве ограничителя мощности подключенный к нему резистор является регулятором напряжения. А так как напряжение стабилизировано, то и ток (ограничен только резистором). Основные факторы, влияющие на дальность, определяются мощностью передатчика и чувствительностью приемника. При этом фокус луча, то есть минимальное значение, должен обеспечиваться коллиматором. Дивергенция также имеет большое влияние

на это. И атмосферные изменения, и затухание существенно влияют на дальность. Программный пакет моделирования Multisim 1.4.1 и другие были использованы для проверки производительности этой схемы. На рис. 3 показана смоделированная в программе Multisim 1.4.1 схема передатчика в общем виде (рисунок 2) и в процессе проверки работоспособности (рисунок 3).



Рис. 3.3. Блок схема принимаемой к обработки сигналов

3.2. Программные пакеты моделирование и симуляции дистанционного лазерного микрофона

Программа AutoCAD – это САПР, первая версия была продемонстрирована в далеком 1982 году на выставке COMDEX в Атлантик Сити. В то славное время микросхемы были громоздкими, а персональные компьютеры только-только выходили на рынок.

Большинство программы создавалось для огромных мэйнфреймов IBM. Тем не менее, предприимчивая группа из тринадцати программистов сумела увидеть перспективу развития вычислительной техники и создала продукт именно для персональных компьютеров. Программа привлекла особое внимание уже после первой демонстрации, и разработчики поняли, что теперь их главная задача – совершенствовать свое «поколение».

Компании до сих пор успешно и своевременно этим занимается. В результате AutoCAD является самой популярной программой для работы

как с двумерными чертежами, так и с 3D-моделями уже на протяжении более чем тридцати лет.

Multisim (мультисим) — тоже уникальный, интерактивный, эмулятор, позволяющий моделировать и тестировать электрические схемы в одной среде разработки с использованием виртуальных приборов. При помощи данной программы можно облегчить понимание основ электротехники и углубить свои знания в проектировании схем. Компонентная база программы состоит из огромного количества элементов. Разнообразие подключаемых к схеме виртуальных приборов Multisim позволяет быстро увидеть результат с помощью имитации реальных событий. А специальные интерактивные элементы (переключатели, потенциометры) позволяют в режиме реального времени производить изменения элемента с одновременным отражением этого в имитации.

Интегрированная среда для разработки электронных устройств семейства Proteus и подобные

Отличительные особенности таких програмных обеспечений:

- Поддерживаемые этапы разработки;
- Разработка схемы электрической принципиальной (ввод в графическом редакторе);
- Моделирование схемы с использованием разнообразных виртуальных приборов;
- Разработка печатной платы, включая 3D-визуализацию её сборки;
- Возможности отладки микропрограммного обеспечения;
- совместное моделирование работы микроконтроллера, исполняющего заданную программу, и окружающих его аналоговой и цифровой схем;

-широкие отладочные возможности, в т.ч. доступ к содержимому регистров и памяти, задание точек останова программы, пошаговое выполнение;

-отладка на уровне исходного кода (Си, Бейсик, Ассемблер, в зависимости от типа используемого для отладки файла с испытываемым микропрограммным обеспечением);

-поддержка нескольких семейств микроконтроллеров от разных производителей, в т.ч.:

-PIC12, PIC16, PIC18 и PIC24 (Microchip).

-8051/8052, в т.ч. производные от них, выпускаемые Philips и Atmel

-AVR, Tiny AVR и Mega AVR (Atmel)

-ARM7, в т.ч. LPC2000 (NXP)

-HC11 (Freescale) и микроконтроллерные модули BASIC Stamp (Parallax)

ведется работа по добавлению поддержки других МК

Преимущества

Выполнение всех этапов разработки электронного устройства на основе микроконтроллера в единой среде.

Возможность написания, отладки и тестирования микропрограммного обеспечения еще до физического изготовления опытного образца системы.

Генерируемые диагностические сообщения (например, при выполнении непредусмотренной инструкции) как со стороны ЦПУ, так и со стороны моделей устройств ввода-вывода, позволяют обнаружить сложные в поиске ошибки программирования.

Ускоряет процесс разработки электронного устройства

Поддержка совместной работы с аппаратными устройствами, подключенными через порт компьютера

MySQL Workbench от Oracle. Графический инструмент для работы с базами данных MySQL. MySQL — это система управления реляционными (связываемыми) базами данных с открытым исходным кодом, и это самая популярная система баз данных, используемая с PHP. Он доступен в Windows, Linux и Mac OS X.

MySQL Workbench — мощный визуальный инструмент для администраторов баз данных, архитекторов баз данных и разработчиков MySQL. Этот инструмент предлагает моделирование данных, разработку SQL и инструменты администрирования для настройки и администрирования сервера. Моделирование — отличный способ визуализировать требования и создавать хорошо работающие базы данных, которые могут не отставать от постоянно меняющихся требований к данным. MySQL Workbench позволяет создавать модели и управлять ими, преобразовывать динамическую базу данных в модель, а также создавать и редактировать таблицы и вставлять данные. Можно преобразовать диаграммы ER в операторы SQL и отправить их на сервер SQL. Также можно создавать модели из целевой базы данных или даже из импортированных файлов SQL.

Язык программирования Delphi был популярен примерно в начале 2010-х годов, но сегодня можно встретить мнение, что он уже неактуален. Конечно, это в корне неверно, ведь, например, Skype написан именно на Delphi, а его используют десятки миллионов людей. Однако нужно понимать, каковы перспективы этого языка, и насколько он может вписаться в современные реалии. В нашей монографии мы расскажем, как устроен язык, в каких сферах он применяется, и что нужно, чтобы начать его изучать. Delphi - это проприетарная среда разработки (IDE) для Pascal в Windows. **Ultiboard** - это программное обеспечение для разработки печатных плат и макетов, которое тесно интегрировано с Multisim для ускорения разработки прототипов. NI Ultiboard является частью набора

программ для проектирования схем, наряду с NI Multisim. Одной из его основных функций является проверка правил проектирования в режиме реального времени, функция, которая в те дни, когда она была введена, предлагалась только на дорогих рабочих станциях. Изначально ULTIboard была создана компанией Ultimate Technology, которая в настоящее время является дочерней компанией National Instruments. Ultiboard включает в себя режим просмотра 3D печатных плат, а также интегрированные функции импорта и экспорта в программное обеспечение для захвата схем и моделирования в пакете

NI Multisim (мультисим) — моделирование в среде программы, обзор компонентов и приборов. **multisim (мультисим)** - обзор программы, пример работы. **Multisim (мультисим)** — это уникальный интерактивный эмулятор, позволяющий моделировать и тестировать электрические схемы в одной среде разработки с использованием виртуальных приборов. При помощи данной программы можно облегчить понимание основ электротехники и углубить свои знания в проектировании схем. В данном пункте мы постараемся рассмотреть основные особенности программы мультисим и соберем примерную схему конкретного нашего устройства (рис 3.2.1).

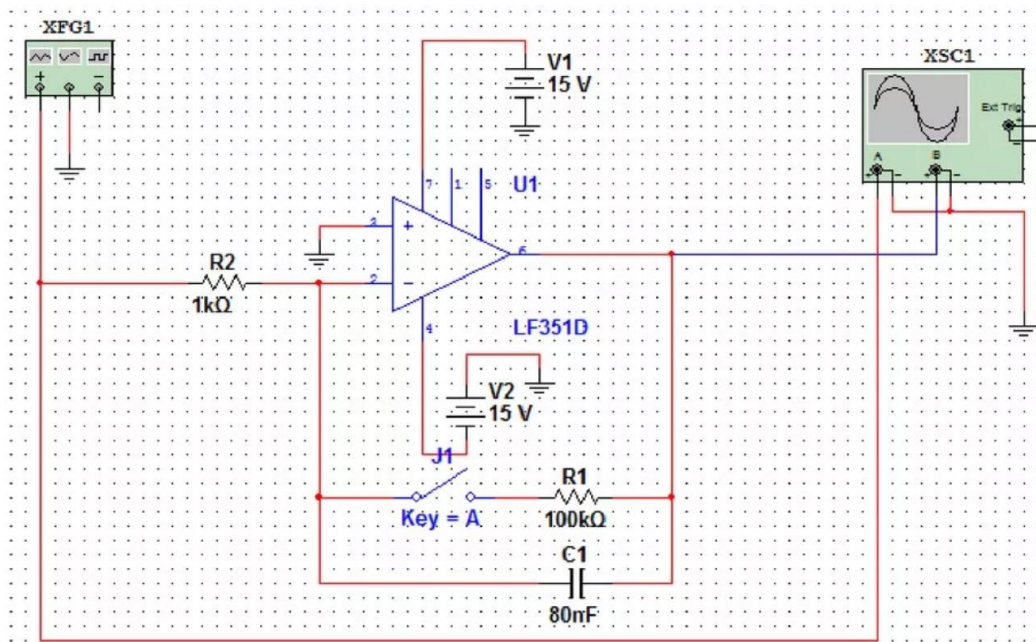


Рисунок 3.4. Примерный вариант схема усилителя ДАЛМ на платформе NI Multisim 14.1

Оциллограф показывает стабилизированный сигнал протекающий через приёмник сигнала. Поэтому была проверена работа стабилизатора тока лазерного диода. Основным критерием выбора фототранзистора для приемника является его спектральная чувствительность, а для усилителя коэффициент трансимпеданса (его переменного сопротивления (т. е. отношение выходного напряжения к входному току)). Для проверки работоспособности разработанного приемника излучения использовалась разные моделирование схемы качеством которые отличались по параметрам усилителей.

Очень много симуляторов для разработки электронных блоков. Например: Micro-Cap или Electronic Workbench или Протеус 7, PIC Micro, Crodadle Technology и.т.д . Эту симуляцию можно получить и с помощью программного обеспечени разных компаний и производителей. Данной разработку получили это с помощью программного инструмента Electronic Workbench. Таким образом, по результатам выполненных работ и моделирования амплитуда выходного напряжения должна быть 3,89 В. В выполненной работе анализировалась работа лазерного микрофона,

3.3. Моделирование разрабатываемого дистанционного лазерного микрофона

Один из примеров подходящий к нашему исследовательскому проекту был разработан по следующей схеме моделирования. В программной платформе Multisim 14.1.

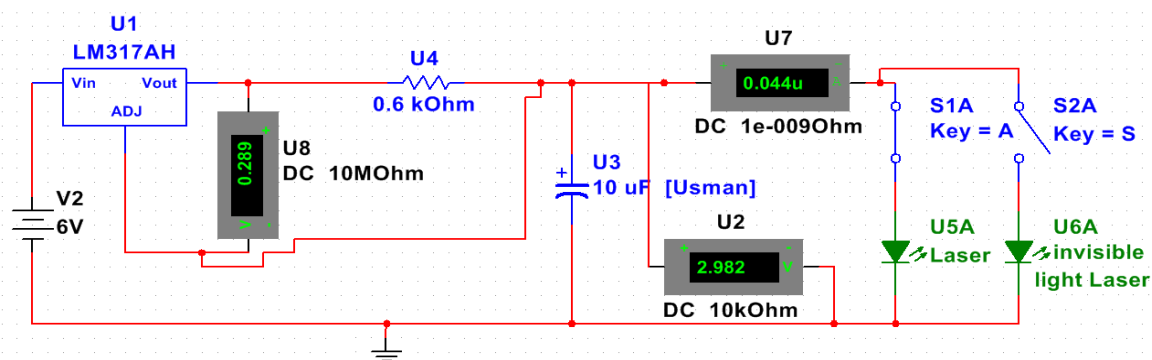
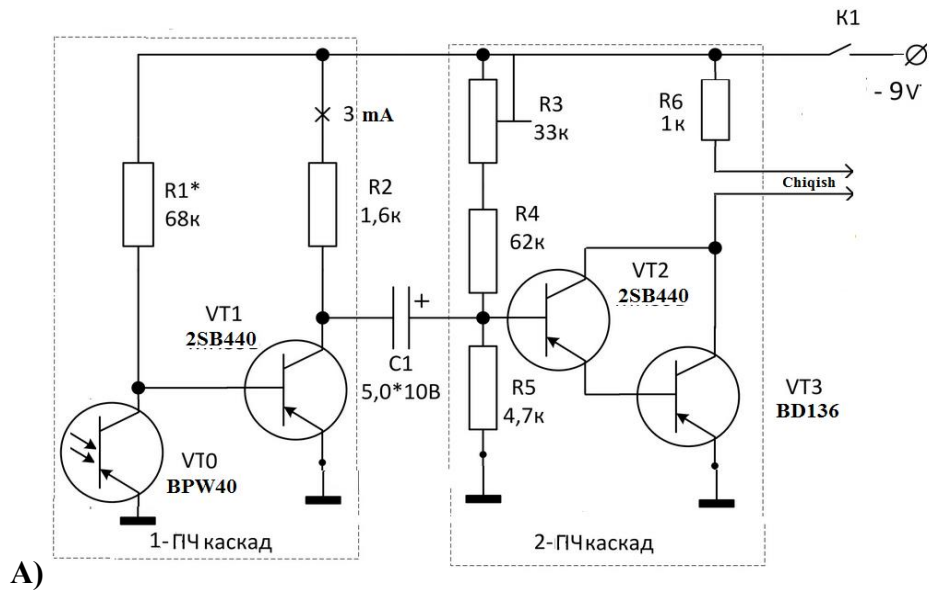
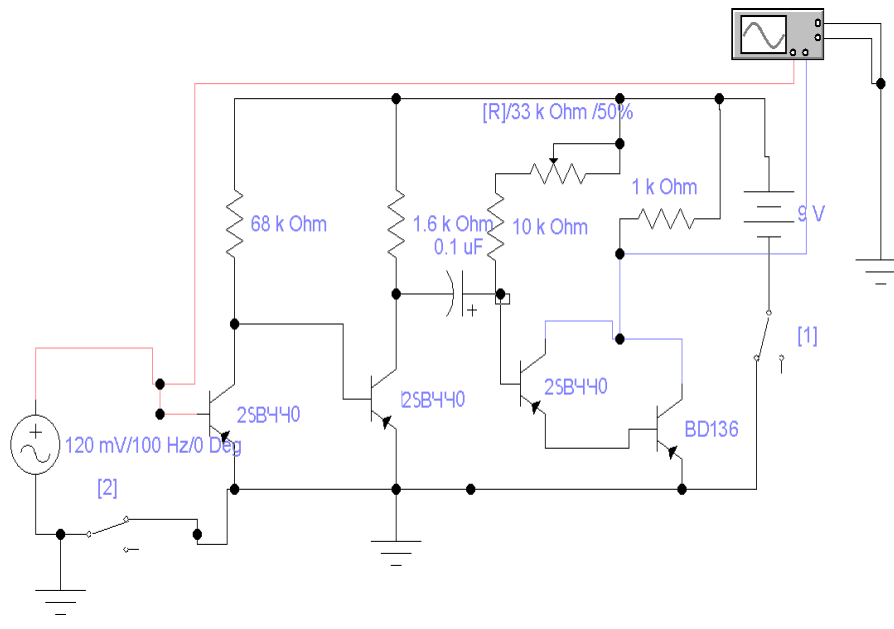


Рисунок 3.5. Схема двухлучевого передатчика, смоделированная в программе Multisim 14.1

Амперметр показывает стабилизированный ток 44,4 мА, протекающий через лазерный диод U7. Поэтому была проверена работа стабилизатора тока лазерного диода. Основным критерием выбора фототранзистора для приемника является его спектральная чувствительность, а для усилителя коэффициент трансимпеданса (его переменного сопротивления) (т. е. отношение выходного напряжения к входному току). Для проверки работоспособности разработанного приемника излучения использовалась следующая схема. Собранная схема показана на рисунке 4. Попытка по разработке подходящего устройства было проведено несколькими платформами и пакетами программ. Схемы разнообразные можно подбирать подходящего устройство на разных элементах и на базе ИМС, ОУ, биполярных или полевых транзисторах. Самый основной эффект экономичность, компактность, надежность и другие факторы.



А)



В)

Рисунок 3.6. Схемы ресиверов. практическая (А) и виртуальная (Б)

Ниже на рисунку показаны входные и выходные сигналы приемника ДАЛМ. Вверху — выходной ток фотодиода, внизу — выходное напряжение активного фильтра. Амплитуда гармонического сигнала выражается следующим образом: $U(t) = U_0 \cdot \cos(\omega t + \varphi_0)$, вольт. (1) Здесь U_0 — начальная амплитуда, ω — частота сигнала, φ_0 — начальная фаза сигнала. Видно: $U_0 = 2,39$ В, $\omega = 100$ Гц, $\varphi_0 = 0$ градусов. Какое значение принимается при $t = \pi/2$.

$U(t) = U_0 \cdot \cos(\omega t + \varphi_0) = 2,39 \cdot \cos(2 \cdot 3,14 \cdot 100/2 + 0) = 2,39 \cdot \cos 314 = 2,39 \cdot (-0,6) = 1,44 \text{ вольт.}$

На примере уже показаны входной и выходной сигнал приемника [6]. Он может быть построен на базе программных средств Micro-Cap или Electronic Workbench. Эту симуляцию можно получить с помощью программного обеспечения Micro-Cap и Electronic Workbench. Мы получили это с помощью программного инструмента Electronic Workbench. Таким образом, по результатам выполненных работ и моделирования амплитуда выходного напряжения должна быть 3,89 В. В выполненной работе анализировалась работа лазерного микрофона, разрабатывались структурные и принципиальные схемы, моделировалась работа передающего устройства [7-10]. Выводы: Процесс исследования работы виртуальных и практических схем дистанционных акустических лазерных и невидимых лучевых микрофонов является продолжением текущей научной работы. При этом были изучены различные исследования и процессы моделирования. В данной работе в основном моделировался открытый оптический передатчик. На следующих шагах будет рассмотрен процесс моделирования всей системы. Еще одним аспектом работы является внедрение в систему лазера невидимого светового диапазона. Суть его объясняется тем, что не вызывает сомнений окружающая среда [10-20].

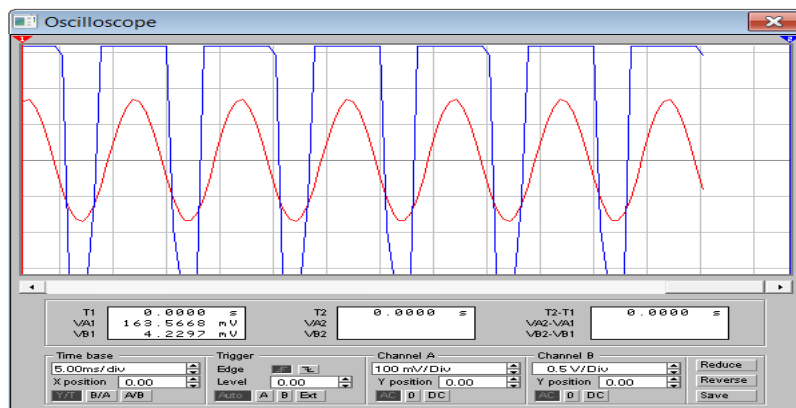


Рисунок 3. 7. Входные и выходные сигналы приемника.

3.4. Аспекты качественной передачи и приема сигналов открытой лазерной передачи данных

Технология АОЛС (её также называют FSO – Free Space Optics, БОКС – Беспроводной Оптический Канал Связи, или ЛАЛ – лазерная Атмосферная Линия) основывается на передаче данных модулированным излучением в инфракрасной (или видимой) части спектра через атмосферу и их последующим детектированием оптическим фотоприёмным устройством. При этом в качестве излучателя обычно используются инфракрасные лазеры класса 1 или 1М (к лазерам 1-го класса относят полностью безопасные лазеры, выходное коллимированное излучение которых не представляет опасности при облучении глаз и кожи) Для низкоскоростных коммуникаций на небольшие расстояния могут использоваться светодиоды. В качестве приёмника используются лавинные или кремниевые фотодиоды. К основным преимуществам атмосферных оптических линий связи относятся:

- высокая пропускная способность и качество цифровой связи. Современные FSO-решения могут обеспечить скорость передачи цифровых потоков до 10 Гбит/с при показателе битовых ошибок всего 10⁻¹², что невозможно достичь при использовании любых других беспроводных технологий;

- отсутствует необходимость получения разрешения на использование частотного диапазона. FSO-системы используют инфракрасный диапазон электромагнитного спектра далеко за границей 400 ГГц (определенной как верхняя граница для радиочастотного регулирования на территории РФ), поэтому никаких лицензий и специальных разрешений не требуется;
- высокая защищённость канала от несанкционированного доступа и скрытность. Ни одна беспроводная технология передачи не может

предложить такую конфиденциальность связи как лазерная. Перехватить сигнал можно только установив сканеры-приемники непосредственно в узкий луч от передатчиков. Реальная сложность выполнения этого требования делает перехват практически невозможным. А отсутствие ярко выраженных внешних признаков (в основном, это электромагнитное излучение) позволяет скрыть не только передаваемую информацию, но и сам факт информационного обмена. Поэтому лазерные системы часто применяются для разнообразных приложений, где требуется высокая конфиденциальность передачи данных, включая финансовые, медицинские и военные организации;

- высокий уровень помехоустойчивости и помехозащищенности. FSO-оборудование невосприимчиво к радиопомехам и само их не создаёт;
- возможность установить лазерную атмосферную линию там, где затруднительно проложить проводную линию связи.

В общем, технология является альтернативой традиционным беспроводным линиям радиосвязи с частотами в диапазонах 2.5 и 5.6 ГГц и оптоволоконным линиям связи.

Система АОЛС может быть развернута очень быстро, если есть доступ к электроэнергии и есть возможность закрепить приемо-передатчик на стабильной платформе. Это позволяет использовать систему также для временных решений таких как, например, массовые мероприятия или встречи в местах, где отсутствует широкополосный доступ в интернет.

Однако система может быть также использована и для обеспечения постоянной связи на небольших расстояниях (не более 4-5 км) в городских районах используя архитектуру точка-точка или точка-многоточка.

Поскольку воздух имеет хороший коэффициент пропускания в тех же окнах частот, что и оптоволокно, т.е., главным образом, при длинах волн в 850 нм и 1550 нм, то системы АОЛС могут использовать ту же технологию. Это позволяет достичь очень большой пропускной

способности для беспроводных систем, вплоть до нескольких Гбит/с, при использовании современных технологий, доступных на сегодняшний день. Технология лазерных атмосферных каналов отличное дополнение к традиционным радиоканалам и волоконно-оптическим каналам. Более того, благодаря линейным характеристикам канала, высокая пропускная способность может быть достигнута, используя кодирование, которое применяется в обычных проводных сетях на физическом уровне. Т.е. нет необходимости в преобразовании кодирования к OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, мультиплексирование с ортогональным частотным разделением сигналов) или к DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum, технология расширение спектра сигнала посредством прямой последовательности). Также нет необходимости в прослушивании среды перед отправкой данных. И в дополнение технология позволяет достичь практически таких же больших пропускных способностей, как и в проводных сетях. Для работы системы АОЛС не нужна лицензия ни в одной стране мира, и в случае если требования по безопасности лазера удовлетворены, что означает, что система должна быть сертифицирована по Классу 1, 1М или Классу 2, то нет никаких ограничений на использование этой технологии. Для 850 нм технологии разрешена меньшая мощность на выходе, однако приемники могут быть 16 сделаны более чувствительными. Для 1550 нм технологии, напротив разрешена большая выходная мощность, в то время как приемники немного менее чувствительны. Таким образом, достаточный запас мощности может быть достигнут для обоих типов систем обеспечивая работу в режиме с небольшим количеством ошибок. К тому же, благодаря высокой несущей частоте в 200 и 350 ТГц, направленность луча достаточно высока, даже для небольшого оптического диаметра, что приводит к небольшому диаметру светового пучка и обеспечивает дополнительную безопасность на физическом уровне, в дополнение к любому шифрованию, которое может

быть также применено. Главная проблема для систем атмосферных оптических линий передачи данных – это меняющийся коэффициент затухания в воздухе, который сильно зависит от местного климата (сезонного и суточного) и погодных условий. Затухание, вызванное туманом, имеет наибольшее влияние. Поскольку водяные капельки в тумане имеют такой же порядок размера, как и у длин волн в инфракрасном диапазоне, то это вызывает рассеяние (дифракция Ми), что главным образом сказывается на потере направленности, нежели на потере в мощности светового пучка. Дождь вызывает меньшее затухание, но поскольку капли имеют намного большие размеры по сравнению с длиной волны несущей, то они вызывают геометрическое рассеяние, что является менее критичным. Хлопья снега также могут вызывать большой коэффициент затухания, т.к. они не прозрачны. Эффект от снега зависит от отношения между диаметром светового пучка и диаметра хлопьев. Кроме того такие эффекты как прямые солнечные лучи падающие на приемник, завихрения в воздухе, расстройка пучка или же всей системы также могут ухудшать качество связи или вызывать ошибки при передаче

3.4. Проблемы и решения качественной передачи и приема сигналов дистанционно-направленного акустического лазерного микрофонов.

В этой части были рассмотрены возможности использования неканализированной передачи сигналов на оптических частотах; ее вероятные достоинства и недостатки приведены в табл. 1.1. В последующих 14 главах речь шла исключительно о компонентах, специально предназначенных для использования в волоконно-оптических системах связи. В таких системах присущие волокну физические ограничения сужают и практический выбор источника излучения и

фотодетектора полупроводниковыми приборами, рассмотренными в гл. 8, 11, 12 и 13. В открытых системах связи такие ограничения отсутствуют, и, как было упомянуто в § 1.4, может иметь место гораздо более широкий выбор компонентов.

Анализ начинается с краткого обсуждения некоторых характеристик передачи, определяющих мощность принимаемого оптического сигнала, а следовательно, и работу открытых оптических систем связи. К ним относятся расходимость оптического пучка, которая рассматривается в дальнейшем, и затухание, анализируемое в § 16.2.2. Основная трудность использования оптического диапазона в наземных системах связи — это изменчивость атмосферной прозрачности в связи с меняющимися метеорологическими условиями. Следует считать, что в условиях тумана, сильного дождя или снега такая система связи окажется неработоспособной, но это справедливо также и в отношении микроволновых линий связи при очень сильном дожде. К сожалению, туман гораздо чаще встречается в тех районах с высокой плотностью населения, где существует наибольшая туманность. Открытые оптические системы связи являлись предметом широких исследований и разработок в 60-е годы. Краткое изложение некоторой части результатов проделанной работы содержится в Позже все основные усилия были направлены на изучение оптических волокон и только несколько сугубо специальных исследований касались открытых оптических систем связи. Остается неясным, какую роль они могут сыграть в будущей технике связи на большие расстояния. Конечно, они будут иметь преимущества по сравнению с замкнутыми оптическими системами связи, когда один или оба терминала будут подвижными. Они также могут использоваться для связи на небольшие расстояния, например, между зданиями, когда из-за местных условий между ними трудно проложить кабель. В любом случае они будут конкурировать с радиолиниями. Следует отметить, что даже

маломощная лазерная система связи (приблизительно на длине волны должна размещаться так, чтобы были выполнены все требования безопасности. Но по нашим предположениям такая передача имеет важную роль в космосе.

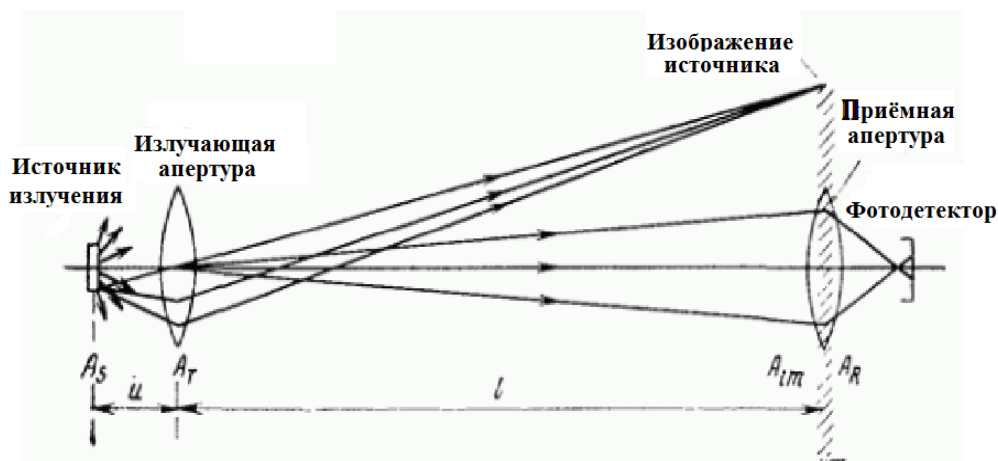


Рис 3.4.1. Фокусировка луча отраженного от объекта исследования.

Все основные усилия были направлены для изучения фокусировки оптических волокон и только несколько сугубо специальных исследований проведен по открытым закрытым оптическим систем связи. До сих пор неясно, какую роль они могут сыграть в будущей технике связи открытая система, однако бурно развивается.

Конечно, они будут иметь преимущества по сравнению с открытыми оптическими системами связи, когда один или оба терминала будут не подвижными. Они также могут использоваться для связи на большие расстояния, например, между зданиями или другими объектами телекоммуникации, Их очень много сегодня как PON, EPON, GPON, FTTH, WDM, DWDM и многие другие технологии такие как IRDA, Li-Fi, Wi-Fi.

IV. ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОГО ЛУЧА ДИСТАНЦИОННОГО ЛАЗЕРНОГО МИКРОФОНА

4.1 Исследование отражении оптического луча дистанционного лазерного микрофона от микро участков объекта

В этой части ставится задача теоретического анализа по исследовании отражение лазерного луча от объектов формы типа цилиндр относительно маленькими поверхности. А также поиск решения по эффективному приему отраженных лучей от малой поверхности и их математических выражений[1,3,5].

Достиженне цели по решению задач: исследовано отражении лазерного луча дистанционного лазерного микрофона от мелких участков объекта. Проведен математический анализ и изучен виды влияний параметров к отраженному лучу лазера.

Примерами таких объектов могут выступать ветви растений и деревьев, провода или тросы и даже мелкие микро участки крупных объектов, как окно, разные поверхности стен зданий [2,4,7]..

При описании процесса отражения лазерного луча от объектов первостепенное значение имеет корректное использование понятия «коэффициента отражения» r . Это величина r в общем случае является двунаправленной, она зависит как от угла падения луча, так и от направления отраженного излучения. Тут, определенную трудность создает тот факт, что падающее излучение мы условились характеризовать величиной E , являющейся производной от величины потока по площади, в то время как подобная величина применить нельзя для характеристики отраженного излучения. Поэтому подходим формальному введения понятия коэффициента отражения применительно к задачам настоящего исследования.

Вводим следующие обозначения: $\Phi_{пад}$ - величина потока, падающего под некоторым углом на площадку малой площади dS .

$\Phi_{отр}$ - величина потока, отраженного от площадки во всю плоскость или полусферу.

Исходя из введенных определений, полусферическим коэффициентом отражения p , называют величиной: К введенному таким образом коэффициенту p применимо соотношение - $p + a = 1$, где a коэффициент поглощения. Величины p и a являются безразмерными.

Перейдем к определению направленного коэффициента отражения p_t . Сразу оговорим, что в дальнейшем будет проведен количественный анализ только отражения диффузного типа по причинам, которые будут рассмотрены ниже. Диффузное отражение, в частности, характеризуется тем, что индикатриса отраженного излучения не зависит от угла падения, а зависит только от величины потока. Это обстоятельство позволяет уже сейчас рассматривать p_t как двойной интеграл.

$$1) \int_{x=-1}^{x=1} \int_{y=-1}^{y=1} E(x, y) dx dy = \hat{O}_{\hat{E}} \hat{O}_{\mu} e^{-\mu t} e^{\frac{-\Delta^2 - t^2}{2H^2}}$$

2) $E(x = R_H, y = 0) = 0.368 \dots \dots E(x = 0, y = 0)$ однонаправленную величину, зависящую только от угла отражения $p_{отр}$.

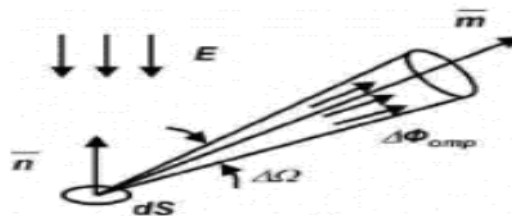


Рисунок 4.1.1. Характер отражения от мелкого участка объекта.

Обратимся к рисунку 1. Будем облучать бесконечно малую площадку dS потоком со значением поверхностной плотности потока E перпендикулярно к поверхности площадки. Рассмотрим дельта $\Phi_{отр}$ -

доля отраженного потока, заключенного в телесном угле дельта, имеющего осью вектор заданного направления.

Представим два важных соотношения с участием p_t , имеющих практическое значение: Как будет показано ниже, это соотношение позволяет в определенных случаях оценить значения p_t . Значения p для многих материалов могут быть получены из справочников. [6,7,8]

В представленном выражении можно выделить несколько смысловых групп параметров: приемно-передатчик. В рассматриваемом приближении все три величины являются константами. Их значения могут быть определены непосредственно экспериментально либо их можно получить от производителя лидера или разработчиков лазерного акустического микрофона; Дальнейшие развитие событие более подробно описаны в источниках [5,6,7,8]. В короткий срок и объем нельзя подробно описать процесс отражении оптического луча дистанционного лазерного микрофона от микро участков исследуемого объекта. Данная статья и ест вводной характер к изучению процессов такого рода.

4.2. Многокаскадный приёмник луча лазерного микрофона

Настоящее время оптические системы используют в разной сфере человеческого общества очень широко. Актуальность того, что системы зависят от оптических приемников и передатчиков, где использовались видимые и не видимые лучи лазеров. И лазерный сигнал возвращается от отраженного объекта очень слабый и его требуется усиливать и принимать к обработке. Для этого нам нужно точное передачу и приемные системы. Можно сделать исследования в этом направлении и использовать его к инновационному аспекту.

Наше правительство развивает несколько законов и решения для развития инноваций. В этой статье разработана ДАЛМ. Устройство

ослабляют искажения и другие шумы. Он способствовал увеличению качества параметров сигнала.

Разработанный приемник дистанционного лазерного микрофона выполнен из двух основных каскадов.

1. Устройства для приема (конвертер);
2. Устройства усиления сигналов преобразователя [2].

В качестве преобразовательного устройства мы используем фотоэлемент (фото транзистор), он устанавливается в устройстве 1, он позволяет получать электрический сигнал. (желание сигнала). Можно также фотоэлементы, но это может влиять на устройство качественных характеристик. [2]. Это применяется к получению информации о далеком объекте. На оси приема лучи передатчика [2, 3]. Установка состоит из блока питания (БП), лазерного излучателя (ЛЗ), 1 ого каскада усиления (1К), 2 Ого стадии усиления (2к), 3 этап усиления (3К), источник питания (ы) Передатчик, фототранзистор (РНTR) устройство. При распространении оптического луча в атмосфере к ней воздействует ингредиенты атмосферы. По влиянии характера атмосферы на оптический сигнал, луч подвержен, значительное количественное и качественное изменении научной эксплуатации [5,6]. В монографии 2017 года автора было объяснение операций разработки. Под темой «Анализ и исследование влияния микроэлементных частиц атмосферы на затухание мощности оптического сигнала» [1] считались проблемами открытого воздушных оптических систем передач.

Энергетическая потеря оптического сигнала из-за аэрозоля и молекулярной дисперсии являются одним из основных факторов, определяющих искажение оптического сигналов. Из теории молекулярной дисперсии света принято выражения для дисперсионного коэффициента в газе следует:

$$\sigma_p(\lambda) = \frac{8\pi^3(n^2 - 1)}{3N\lambda^4} \cdot \frac{6 + 3\delta}{6 - 7\delta}$$

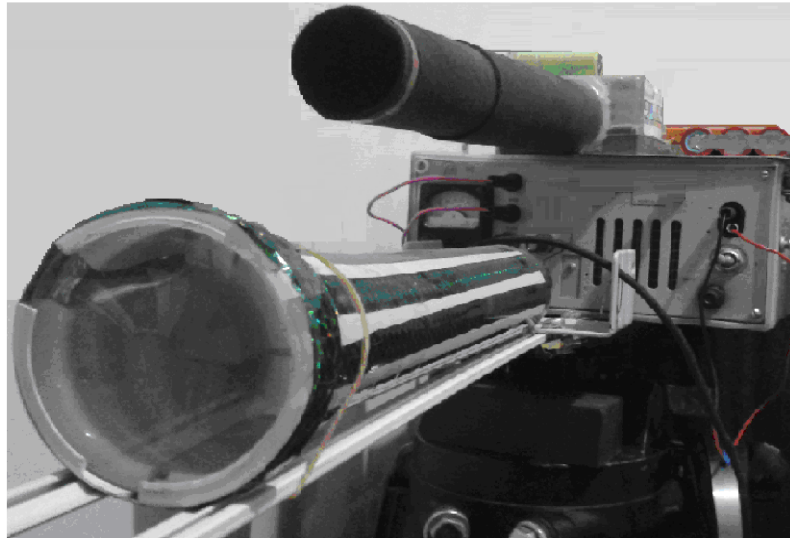


Рисунок 4.2.1 - Устройство и физическая модель исследуемого приемника ДАЛМ на основе многокаскадного усиления.

где N -количество молекул в единице объема; индекс среды N -преломления; λ - длина волны излучения; δ - фактор деполяризации рассеянного излучения, равный 0,03.

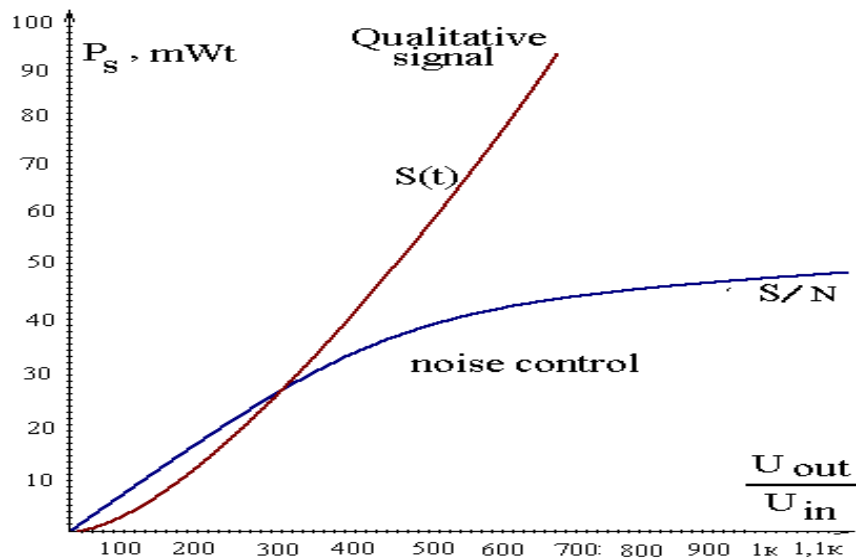


Рисунок 4.2.2. Воздействия шум/сигнал и повышение качества при использовании многокаскадного усиления.

где k – коэффициент усиления усилителя.

$$k = \frac{U_{out}}{U_{in}}, \text{ time}$$

Из рисунка видно, что при умеренном умножении сигнала на усилитель ведущих потенциалов полезного сигнала искажения увеличивается. Также при умеренном умножении сигнала на усилитель увеличивает параметр сигнал / шум, то есть шум усилителя, принятый входным сигналом, также приводит к искажению сигналов.

Хотя, глядя на недостатки, используя многокаскадного усиления в лазерных микрофонах, он дает хороший результат.

Говорить, что уверенно приема и разборчивость на некотором порядке уточняется.

Устройство схема исследованного приемника на основе многокададной выгоды. Он состоит из: РНТ - фототранзисторного блока; S - источники питания, усилители 1, 2, 3 каскада; Источник света - лазер. [7]. Директный луч начинается с передатчика и достигает отражающего объекта, отраженный луч принимается детектором луча. Приемы зависят от интенсивности принятого луча, а также расстояния. Плюс к этой погоде состояние и качественная прием способствуют желаемому приему сигнала. [2].

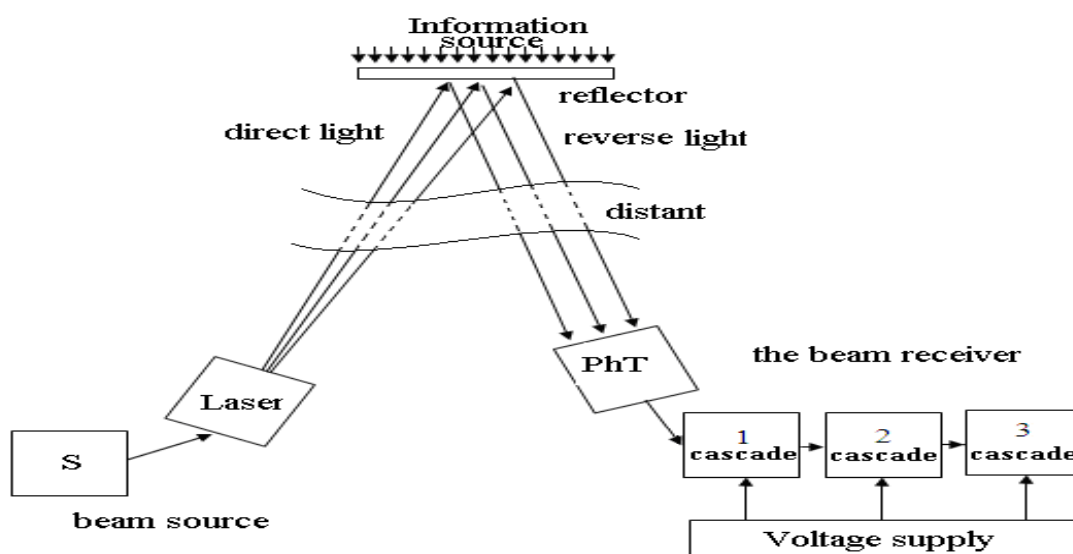


Рисунок 4.2.3 - Схема исследуемого приемника на основе многокаскадного усиления.

При приеме эффективность во многих отношениях зависит от приемников и передачи лазерного луча. И от уверенного сигнала, также от фокусировки луча лазера. Также, можно говорить о вреде лазерного луча на организм человека, в том числе и в глаза [7]. Исходя из этого, необходимо судить о невозможности увеличения мощности лазера. И не увеличивает коэффициент усиления, так как существуют искажения и другие шумы. Дело требует цифровой обработки, как мы рассмотрим в другой части работы.

4.3. Проблемы системной оптимизации интерферо-метрического процесса при формировании и обработки акустических сигналов дистанционного лазерного микрофона.

Принципы работы дистанционного акустического лазерного микрофона

основано принципам и законам динамики интерференционных сигналов (ИС). Оптическая система осуществляет первичное преобразование в оптическом диапазоне (формирование изображения, оптическая спектральная фильтрация и т. д.). Основой системного подхода является идентификация (отождествление) математических моделей интерферометрического процесса, обеспечивающих возможность эффективного применения современных методов прикладной математики и компьютерных технологий при обработке интерференционных сигналов. Математические модели строятся на основе согласованного использования теоретических сведений (идентификация в широком смысле) и экспериментальных данных. Параметрическая идентификация интерференционных сигналов и изображений по данным измерений

обеспечивает получение оптимальных по заданному критерию оценок искомых характеристик объекта. [1]

В основном при захвате акустического сигнала дальнего расстояния методы обработки основываются чаще всего на анализе интерференционных сигналов в частотной области. Получили распространение методы обработки в области независимых переменных, при этом перспективными являются методы, использующие динамические параметрические модели интерферометрического процесса.

В статье анализированы принципы построения интерферометрических лазеро-акустических систем дистанционного съема информации наблюдаемых объектов.

Существует несколько вариантов организации съема информации средствами лазерных излучателей акустической информации.

Например, на рисунке 1 изображен простейший вариант подобной системы: луч лазера падает на стекло окна наблюдаемого объекта под углом 45 градусов.

На границе стекла происходит модуляция луча звуковыми колебаниями. Отражённый луч улавливается фотодетектором. Из полученного сигнала выделяется необходимая информация [4].

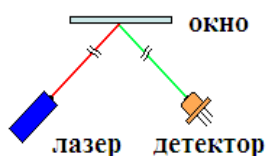


Рисунок 4.3.1. Простейший вариант съема информации средствами лазерных излучателей акустической информации.

Кроме рассмотренного варианта ДАЛМ (дистанционный акустический лазерный микрофон) имеется система ДАЛМ с использованием сплиттера позволяющий свести падающий и отражённый луч в одну точку. [4]

Несмотря существующим разнообразным вариантом лазерных микрофонов,

проблемами ДАЛМ всегда является, дальность, острая диаграмма направленность и обеспечение чистоты акустической информации, а также равномерность АЧХ во всем диапазоне акустического сигнала так как объект находится на значительном расстоянии (50-1000 м).

Интерферометр Михельсона, имеет более высокую чувствительность по сравнению с предыдущей, но очень сложна в настройке! Отражённые лучи должны приходить когерентными по фазе, что труднодостижимо[3]. В противном случае падает чувствительность (рисунок 2).

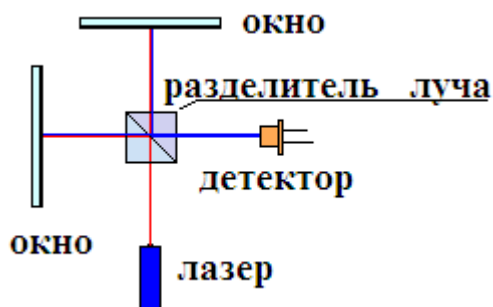


Рисунок 2. Интерферометр Михельсона.

Следующий вариант - интерферометр, подобный тому, что выше, но имеющий два маршрута равной длины - так называемый "Dual Beam LASER Mic." Главный принцип - дифференциальный метод измерения движения (акустической вибрации) поперек сортового проката оконного стекла малого сечения. Главное преимущество этой схемы - одинаковые длины маршрутов, что даёт когерентность по времени; и, как следствие, резкое ослабление синфазных сигналов(рисунок 3) [4].

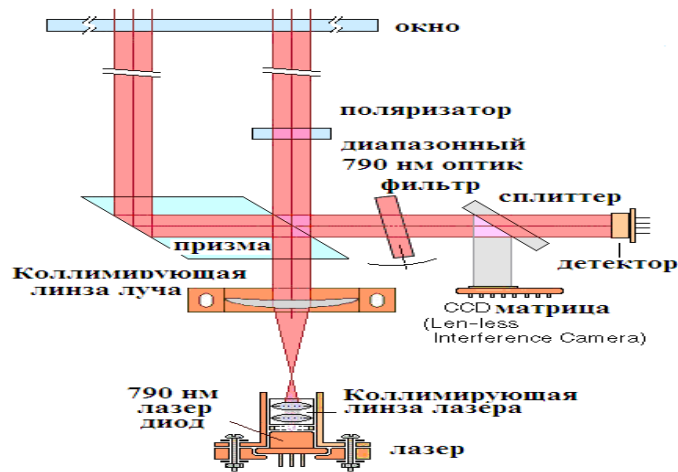


Рисунок 3. Двухлучевой лазерный регистратор.

Таким образом сигнал S на выходе интерферометра с точностью до постоянного множителя можно представить в форме [1] :

$$s(r,t) = \langle E(r,t)E^*(r,t) \rangle \quad (1)$$

$$\text{где: } E(r,t) = \sum_{i=0}^{N-1} w(L_i)E_i(r,t) \quad (2)$$

- суммарная комплексная амплитуда N интерферирующих волн в точке наблюдения r момент t , $w_i(L_j) = |w_i| \exp(j2\pi nL_i/\lambda)$ - комплексные функции, зависящие от оптической длины пути L_i соответственных световых лучей в ветвях интерферометра, угловые скобки обозначают операцию усреднения в пределах пространственно-временной апертуры регистрирующего устройства. Полезная информация о геометрических соотношениях в интерферометрической системе содержится в значениях отрезков L_i в (2), которые определяются обобщенным уравнением интерферометрической системы [1].

При обработке интерференционных сигналов требуется определять значения параметров сигналов, которые известным образом связаны со свойствами контролируемых объектов. Обработка согласно выбранным критериям качества осуществляется на основе математических моделей, полученных при идентификации интерферометрического процесса. В настоящей статье рассмотрены некоторые виды математических моделей

интерференционных сигналов и рассмотрены методы оценивания параметров и фильтрации детерминированных и стохастических сигналов.

4.4. Разработка устройства охраны и безопасности в импульсном режиме с невидимым лазерным лучом.

В этой части проведено разработка систему охраны и безопасности на базе платформы Arduino Uno используя лазеров и светодиодов. В системе использовался невидимый луч лазера. Свойства работы с полупроводниковыми лазерами проанализированы и даны. Выводы были сделаны, и значение устройства отмечено в результате работы.

Из-за повышенной оптической мощности и превосходных функциональных свойств полупроводников их можно использовать в различных устройствах не только в производстве, но и в повседневной жизни и даже в медицине [7,9,11, 13, 15]. Полупроводник лазер является основой для чтения и написания компьютерных дисков. Благодаря этому лазерные указатели, уровни датчиков, счетчики расстояний и другие устройства, полезные для различной работы. В этой статье, разработанной, невидимый лучевой лазер и свето-зависимый резистор (LDR или свето-зависимый резистор) используются для излучения света по прямой линии или преломлением. [1,3]. ФТ сенсор на английском звучит как Light Dependent Resistor, что в переводе означает "свето-зависимый резистор". LDR может обнаружить лазерный луч, и факт того, что кто-то пересек его. Таким образом лазерный луч будет заблокирован и LDR его не видит [2,4].

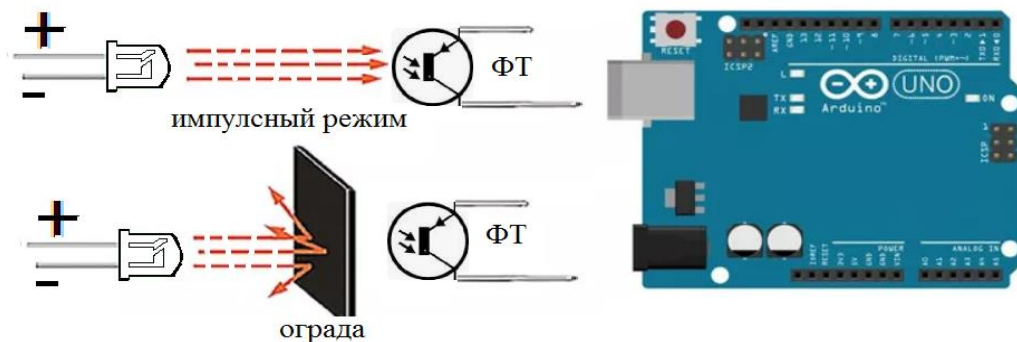


Рисунок 4.4.1. Лазер с невидимым лучом , барьер и LDR резистор с блоком Ардуино

Если LDR не может обнаружить лазер, зуммер предупредит нас громким звуком, что кто-то пересек или заблокировал лазер. Проект в основном работает по принципу прерывания. Если каким-либо образом лазерное излучение прерывается, срабатывает сигнализация до тех пор пока она не будет сброшена кнопкой. Лазер - это источник концентрированного света, который излучает прямой свет одного цвета.

ФТ чувствителен к свету и выдает определенное напряжение, когда лазерный луч попадает на этот резистор. Когда лазерный луч прерывается и не может достигнуть LDR, его выходное напряжение изменяется, и, в конце концов, звучит сигнал тревоги [6,7]..

Для этой лазерной системы охраны на Ардуино нужен следующие основные блоки и элементы:

1. Блок «Arduino Uno»
2. Лазерный диодный модуль невидимого луча
3. Зуммер
4. ФТ (свето-зависимый транзистор)
5. Резисторы (порядка 10 к)
6. Переключатель или кнопка
7. Гетнаксовая плата
8. Соединительные провода
9. Бредбоард и др.

При прошивки программу в Arduino UNO нужно программное обеспечение установленная платформа Arduino IDE.

Лазерный передатчик (модуль) излучает красный лазерный луч в форме точки импульсов. Модуль состоит из 808 нм лазерной диодной головки и резистора [8,10,5] . «Осторожно! Не смотреть прямо в лазерную головку» [6,10, 12, 14].

Спецификация модуля лазерного передатчика 808:

- Рабочее напряжение - 5 В
- Выходная мощность - 5 мВт
- Длина волны - 808 нм
- Рабочий ток - менее 40 мА
- Рабочая температура - от -10°C до 40°C [от 14 до 104° F]
- Размеры - 18,5 мм x 15 мм [0,728 дюйма x 0,591 дюйма]

Схема соединения системы охраны приведены ниже.

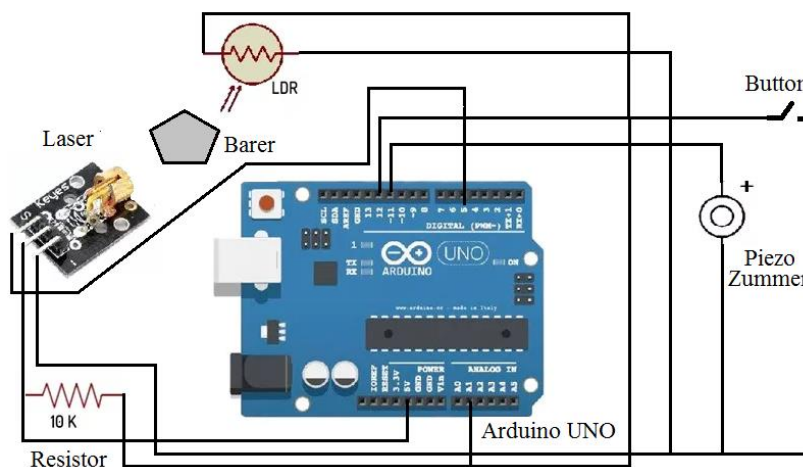


Рисунок 4.4.2. Подключение Ардуино для разработки лазерного охрана

Программа для данного проекта Arduino Uno.

```
//“Programma laser oxrana”
```

```
int laserPin = 5;
```

```
int sensorPin = A5;
```

```
int buttonPin = 12;
```

```
int buzzerPin = 11;
```

```

int laserThreshold = 10;

void setup() {
  pinMode(laserPin, OUTPUT);
  pinMode(buttonPin, INPUT_PULLUP);
  Serial.begin(9600);
}

boolean alarmState = false;

void loop() {
  if (! alarmState) {
    delay(1000);
    digitalWrite(laserPin, HIGH);
    delay(10);
    unsigned long startTime = millis();
    while (millis() - startTime < 1000) {
      int sensorValue = analogRead(sensorPin);
      Serial.println(sensorValue);
      if (sensorValue > laserThreshold) {
        alarmState = true;
        break;
      }
      delay(10); }
    digitalWrite(laserPin, LOW);}
  else {
    tone(buzzerPin, 540);
    if (! digitalRead(buttonPin)) {
      alarmState = false;
      noTone(buzzerPin); }
  }
}

```

```

delay(10);}
}
//«Конец программы»

```

4.5. Анализ потенциальной чувствительности и дальности приема дистанционных лазерных акустических микрофонов

Потенциальная эффективность обнаружения учитывает точность сигнала. В работе объяснена передача на расстояние речевого сигнала, модулирующего колебательное рассеянное лазерное излучение. Ключевые слова: удержание акустического речевого сигнала; технический канал оттока информации; модуляция лазерного излучения. Излучения когерентных оптических генераторов (лазеров) используются по-разному.

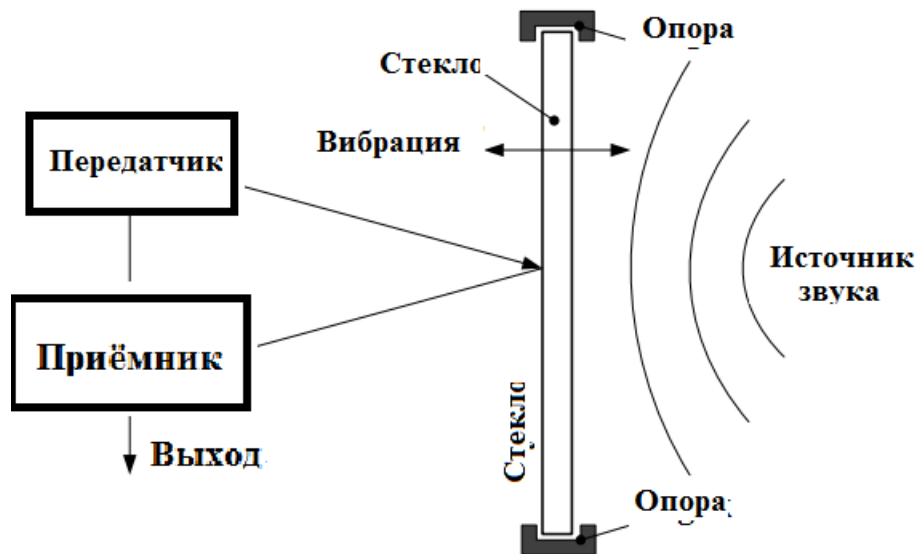


Рисунок 4.5.1. Один из принципов получения речевого сигнала.

Существует множество типов систем передачи информации. Но несанкционированная тайная запись акустических речевых данных, которые могут быть использованы для тех же излучений, является вопросом конфиденциальности. Для этого устройства, называемые лазерными микрофонами, косвенно участвуют в этих проблемах. В

развитых литературных источниках представлена различная информация о технических характеристиках таких устройств [1, 2, 3]. В работе исследуются потенциальные характеристики акустического речевого сигнала, улавливаемого лазерным микрофоном, а также особенности защиты параметрического технического скрытого канала, от информации которого исходят данные акустической речи, прием и демодуляция отраженного когерентного сигнала. излучение оптического диапазона. Выделение сообщения при захвате речевого сигнала с помощью лазерного микрофона иллюстрирует схема на рис. Под действием силы звукового давления $p(x, y)$ действует на стекло, внутренний объем помещения, стекло колеблется вокруг положения $u(x, y, t)$ равновесия $u=0$ рис. 2. В каждый момент времени сила в точке (x,y) равна натяжению $T(x,y,t)$. мембрана ориентирована по касательной к деформированной поверхности стекла.

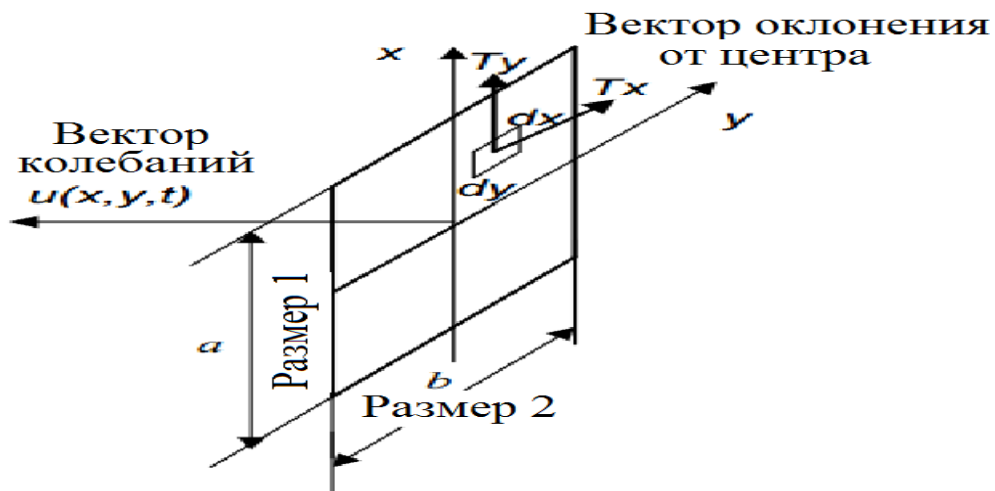


Рис .4.5.2. Вид чертежа, полученного для расчетов.

Угловая или цилиндрическая твердость стекла (натяжение мембраны) называется твердостью. [6]. где E — модуль упругости стекла; σ - коэффициент Пуассона, равный коэффициенту поперечного сжатия к продольному напряжению; h - толщина стекла. Теоретически [6] $\sigma \in [-1; 0,5]$, а на практике материалы имеют отрицательные значения $\sigma < 0$. Такие материалы испытывают увеличение поперечных размеров при продольном

растяжении. Сжатие, соответствующее небольшому модулю сдвига с коэффициентом Пуассона, близким к 0,5 (например, резина).

4.6. Другие лазерные микрофоны для получения информации

Лазерные микрофоны позволяют решать задачи получения информации от другого объекта или субъекта, при отсутствии в его распоряжении передатчика. Таким образом, получается симплексный канал связи [1, 2]. Так как лазерный микрофон подвержен влиянию изменения координаты зондируемой поверхности, то его можно применить, например, для детектирования сейсмической активности в земной коре. Вторым вариантом возможного применения данного вида связи является детектирование пульса, дыхания у человека, при условии, что к его телу будет прикреплена какая-либо отражающая поверхность. Плюсами таких систем являются скорость (так как информация передается оптическим излучением, а его скорость близка к скорости света и ограничена лишь скоростью обработки информации) и возможностью удаленного доступа от места сбора информации.)

Принцип его действия изображен на рисунке 4.6. 1.

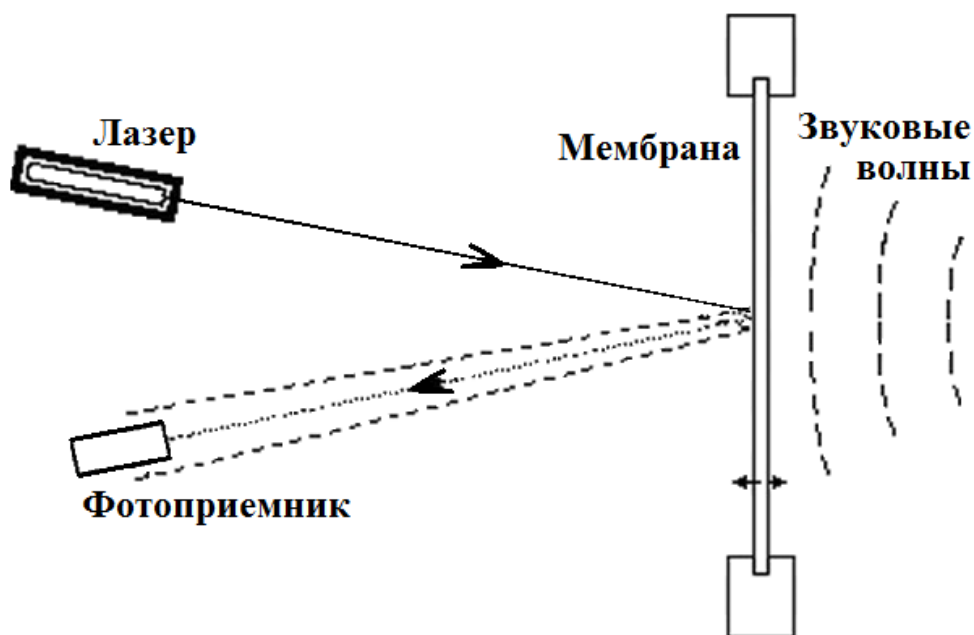


Рисунок 4.6.1. Принцип действия лазерного микрофона

Луч света от лазерного источника направляется к способной его отразить поверхности (мембране). При колебании мембраны, изменяется угол отражения лазерного луча. Таким образом, световой поток модулируется. Отраженный луч принимается оптическим приемником, размещаемым в точке приема отраженного луча. Изменения направления отраженного луча при колебаниях мембраны вызывают соответствующие изменения положения пятна света на светочувствительном элементе оптического приемника.

Таким образом, лазерный микрофон должен включать в себя блоки, выполняющие определенные функции. Драйвер питания должен обеспечивать стабилизированный ток лазерного диода. Так как излучение лазера имеет довольно широкую диаграмму направленности, то луч направляется через коллиматор для его фокусировки. Далее коллимированный пучок, отражаясь от мембраны, попадет на блок приемника. На его входе стоит оптический полосовой фильтр с полосой пропускания, в которую входит длина волны излучения лазерного диода. Такой фильтр обеспечит избирательность от нежелательных фоновых источников света. Далее лишь излучение от лазера попадет на фотодиод

[3]. В нем свет, попавший на его светочувствительную площадку, преобразуется в электрический ток. Затем ток фотодиода трансимпедансным усилителем преобразовывается в напряжение [4, 5], так как все усилители прежде всего усиливают именно его. Далее уже преобразованный сигнал идет на усилитель звуковой частоты, который усиливает напряжение до необходимого уровня. Исходя из вышеперечисленного, была составлена структурная схема лазерного микрофона, представленная на рисунок 2.

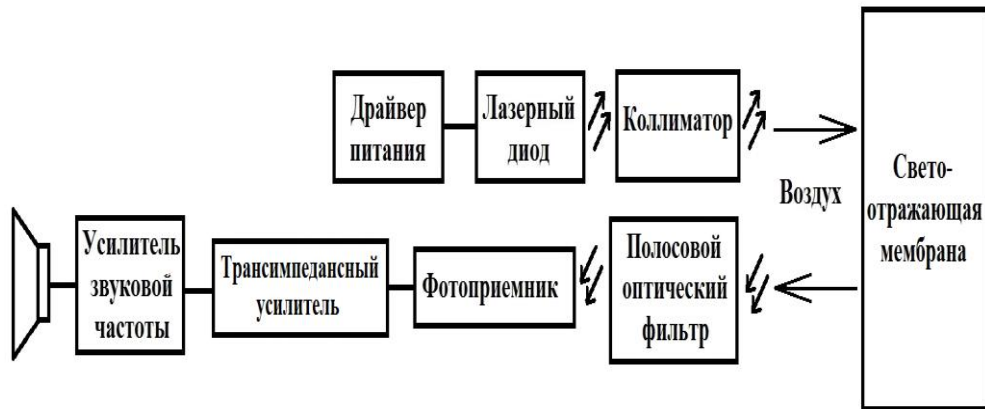


Рисунок 4.6.3. Блок схема лазерного микрофона

Электрической частью схемы является драйвер питания, обеспечивающий стабильное питание током лазерного диода (излучатель). Как известно, лазерный диод очень «капризный» и небольшое отклонение протекающего через него тока от нормы может его погубить.

Самым распространенным применением лазерного диода являются оптические приводы. В DVD-RW используются лазеры, испускающие длину волны 650 нм. Чем выше скорость записи в таких приводах, тем больший ток потребляет лазер и большую мощность имеет:

- 16x – ток 250-260 мА, мощность 200 мВт;
- 20x – ток 400-450 мА, мощность 270 мВт;
- 22x – ток 450-500 мА, мощность 300 мВт.

Таким образом, лазерный диод достаточно высокой мощности можно извлечь из ненужного оптического привода.

Для лазерного микрофона был выбран лазер мощностью излучения 200 мВт, излучающий длину волны 650 нм. Но для большего срока службы не стоит на него подавать ток выше 200 мА, так как при нагреве, ток, протекающий через лазер, начинает увеличиваться, а это грозит его «перегоранием».

В качестве драйвера питания можно использовать стабилизатор напряжения с подключенным к нему резистором. А так как напряжение будет стабилизировано, то и ток (который как раз и ограничивается резистором) соответственно тоже.

Главными факторами, влияющими на дальность действия, являются мощность передатчика и чувствительность приемника. Но также, сильно влияет и фокусировка луча, то есть расходимость, минимальное значение которой должен обеспечивать коллиматор. Затухания в атмосфере также значительно влияет на дальность действия.

Для проверки работоспособности данной схемы использовались пакеты моделирующих программ Multisim и Micro-Cap.

На рисунке 3 представлена цепь передатчика смоделированная в программе Multisim в общем виде (сверху) и при проверке работоспособности (снизу).))))))

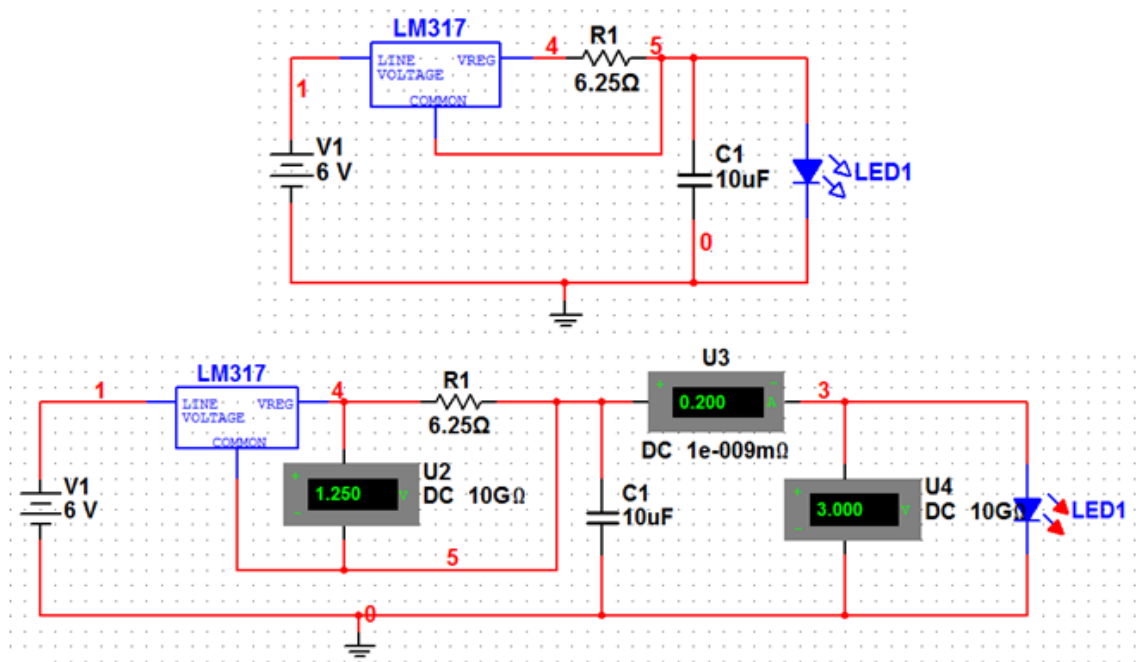


Рисунок 4.6.4.. Модель передатчика в пакете Multisim

Амперметр U3 показывает стабилизированный ток 200 мА, протекающий через лазерный диод. Таким образом, было проверена работа стабилизатора тока для лазерного диода.

Для приемника главным критерием при выборе фотодиода является его спектральная чувствительность, а для трансимпедансного усилителя – коэффициент трансимпеданса (то есть отношение выходного напряжения к входному току). Для проверки работы спроектированного приемника излучения использовалась программа Micro-Cap. Собранный схема изображена на рисунке 4.

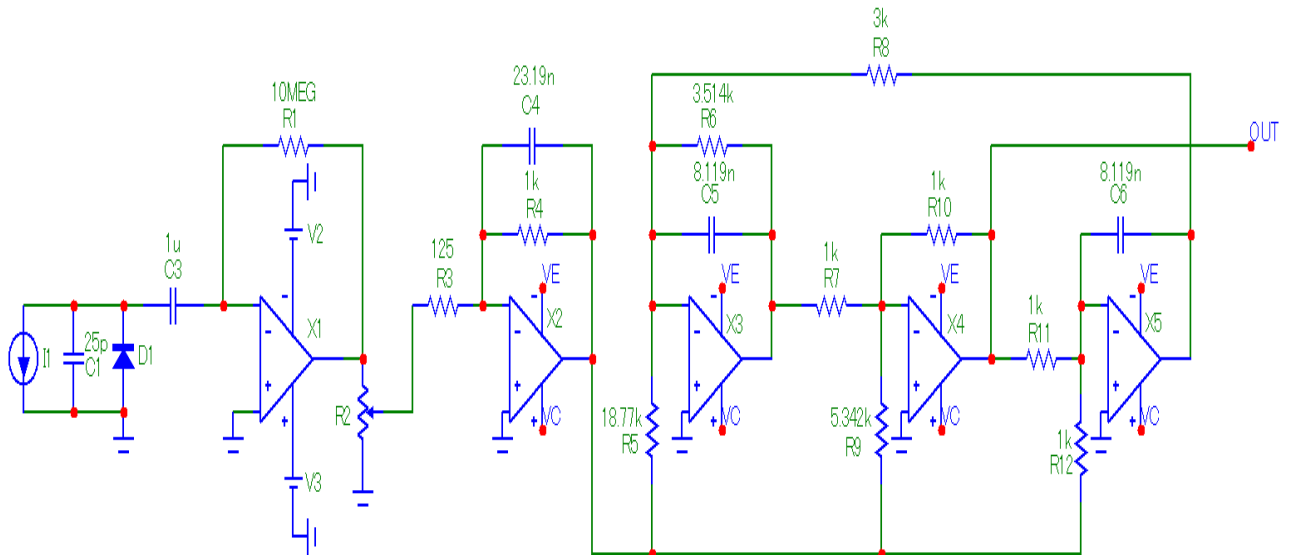


Рисунок 4.6.5. Модель приемника в пакете Micro-Cap

На рисунке 5 представлен входной и выходной сигналы приемника. Вверху выходной ток фотодиода, а внизу выходное напряжение активного фильтра.

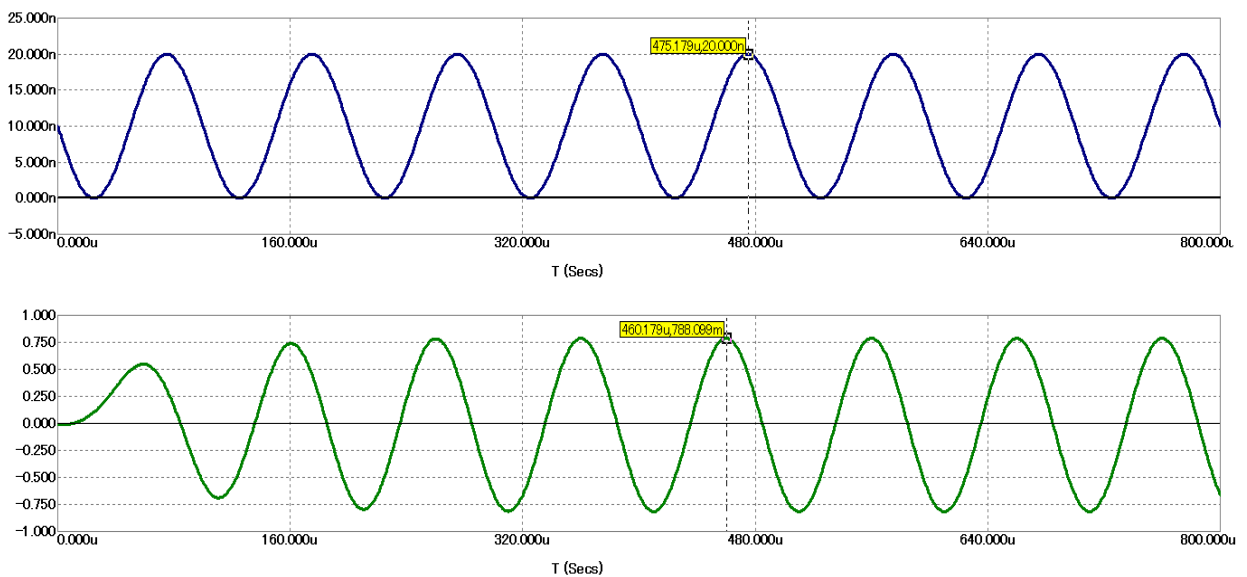


Рисунок 4.6.6. Входной и выходной сигналы приемника

1. Таким образом, по результатам моделирования амплитуда выходного напряжения равна 0,788 В.

В проделанной работе была проанализирована работа лазерного микрофона, разработаны структурная и принципиальная схемы, а также

было проведено моделирование работы блоков передатчика и приемника устройства.

ЛИТЕРАТУРЫ

1. Манько А., Каток В., Задорожний М.. Защита информации на волоконно-оптических линиях связи от несанкционированного доступа.
2. Свинцов А. Г. "ВОСП и защита информации." Научно-техническая конференция «Правовое, нормативное та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні» Україна, Київ, 1998 р.
3. Малюк А.А. Информационная безопасность: Концептуальные и методологические основы защиты информации. . – М.: Горячая линия-Телеком, 2004. – 2766 с
4. Корольков, И.А. Кращенко, В.Г. Матюхин, С.Г. Синев Проблемы защиты информации, передаваемой по волоконно-оптическим линиям связи, от несанкционированного доступа/ Информационное общество, 1997, вып. 1, с. 74-77
5. А. В. Боос, О. Н. Шухардин. Анализ проблем обеспечения безопасности информации, передаваемой по оптическим каналам связи, и путей их решения.//Информационное противодействие угрозам терроризма: научн-практ. Журн. /ФГПУ НТЦ , Москва. 2005, №5. С. 172180.]
6. Годный В.Г. Вопросы информационной безопасности в волоконно оптических линиях связи. Системы безопасности. 2002.2(44).с44-46
7. Патент РФ RU2 0513931 Горшков А.И. Способ защиты оптического кабеля от несанкционированного доступа к передаваемой по его волокнам информации, система защиты информации, передаваемой по волокнам оптического кабеля от несанкционированного доступа, и комбинированный оптический кабель 1995
8. Патент РФ G 01 M 11/02 Попов А.И., Петриков Р.Г. Способ мониторинга волоконно-оптической сети.

9. Патент РФ RU 2239286 С1 Шубин В., Ивченко С., Овечкин С. Приемопередающее устройство защищенной волоконно-оптической системы передачи информации ограниченного доступа
10. Патент РФ RU 2 100 906 С1 Яковлев В.А., Комашинский В.В. В волоконно-оптическая система с безопасной передачей информации
11. Патент РФ RU2221341 Бородакий Ю.В. , Добродеев А.Ю. , Климов Н.И. , Корольков А.В.
12. Патент РФ Способ защиты речевого информационного сигнала, передаваемого по линиям связи. Световидов В.Н., Федоров М.Б., 2005
13. Oded Goldreich, Foundations of Cryptography, Volume 1: Basic Tools, Cambridge University Press, 2001, ISBN 0-521-79172-3
14. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. М., Эко-Трендз, 2000.
15. Ярочкин В. И. Информационная безопасность. Учебник для ВУЗ.М, 2003.
16. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи. М., Техносфера; 2004
17. Медвед Д.Б. Влияние погодных условий на беспроводную оптическую связь. Вестник связи, 2001, № 4, с. 154-157.
18. Гуров И.П., Джабиев А.Н. Интерферометрические системы дистанционного контроля объектов. СПбГИТМО., 2000, с 15-21
19. Абдуазизов А.А., Жўраев Н.М., Искандаров У. Электр алоқа назарияси. Фергана. 2009., стр 18-30.
20. Журнал «Радио». №1, Москва. 2013 стр 56-57
21. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 1988.
22. Отнес Р., Эноксон Л. Прикладной анализ временных рядов. – М.: Мир, 1982. – 428 с.

23. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. / Учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2003. – 608 с.
24. Айфичер Э., Джервис Б. Цифровая обработка сигналов. Практический подход. / М., "Вильямс",
25. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи. М., Техносфера; 2004
26. Гуров И.П., Джабиев А.Н. Интерферометрические системы дистанционного контроля объектов. СПбГИТМО., 2000, с 15-21
27. Абдуазизов А.А., Жўраев Н.М., Искандаров У. Электр алоқа назарияси. Фергана. 2009., стр 18-30.
28. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 1988.
29. Исследование реальной эффективности индикатора 10_MТ_20GY DUI Kit. Наманган давлат университети илмий ахборотномаси. 1-сон. 2020
30. Кўп каскадли кучайтиргичларни, лазер микрофонлининг самарадорлигини оширишда қўллаш. Наманган давлат университети ахборотномаси. 2020, 6-сон. - Б. 348-352 бетлар. 2020
31. Raimimonova O. S. et al. Overview of the experimental reasarche of open optical system for monitoring of deviations of the buildings with concrete products //Scientific Bulletin of Namangan State University. – 2020. – Т. 2. – №. 6. – С. 374-378.
32. Turgunov B. et al. Researching Of The Degradation Process Of Laser Diodes Used In Optical Transport Networks //2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT). – IEEE, 2021. – С. 1-4.
33. Turgunov, B., Juraev, N., Toshpulatov, S., Abdullajon, K., & Iskandarov, U. (2021, November). Researching Of The Degradation Process Of Laser Diodes Used In Optical Transport Networks. In 2021 International

Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT) (pp. 1-4). IEEE.

34. Отажонов С. М., Жураев Н., Алижанов Д. Д. Фотодетектор для регистрации рентгеновского и ультрафиолетового излучения //Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2011. – Т. 5. – №. 1. – С. 107-111.

35. Абдурахмонов С. М., Жураев Н. О. Прием-передачи информации по интерфейсу RS-485 по беспроводном каналам в системах АСУ ТП //Научно-технический журнал ФерПИ. – 2016. – Т. 20. – №. 3. – С. 154-157.

36. Jurayev N. M., Xomidova N. Y. Safety evaluation of cryptography modules within safety related control systems for railway applications //CUTTING EDGE-SCIENCE. – 2020. – С. 197.

37. Juraev N. M., Iskandarov U. U., ugli Abdujabborov I. I. RESEARCH OF REAL EFFICIENCY OF THE INDICATOR 10_MT_20GY DUI //Scientific Bulletin of Namangan State University. – 2020. – Т. 2. – №. 1. – С. 132-137.

38. Жураев Н. и др. Фоточутливість і механізм протікання струму в гетероструктурах р-CdTe-SiO₂-Si з глибокими домішковими рівнями //Журнал фізики та інженерії поверхні. – 2017. – Т. 2. – №. 1. – С. 26-29.

39. Тургунов Б. А., Халилов М. М. Современные способы защиты информационного сигнала от несанкционированного доступа в оптических сетях //САПР и моделирование в современной электронике. – 2018. – С. 195-197.

40. Jurayev N. M. et al. Requirements for telecommunication systems in the development of telemedicine in Uzbekistan //Scientific Bulletin of Namangan State University. – 2020. – Т. 2. – №. 1. – С. 138-144.

41. Umarovich I. U. et al. Methods of reducing the probability of signal loss on optical fiber communication lines //Наука, техника и образование. – 2020. – №. 6 (70). – С. 27-31.

42. Raimimonova O. S. et al. Overview of the experimental reasarche of open optical system for monitoring of deviations of the buildings with concrete products //Scientific Bulletin of Namangan State University. – 2020. – Т. 2. – №. 6. – С. 374-378.
43. Turgunov B. et al. Researching Of The Degradation Process Of Laser Diodes Used In Optical Transport Networks //2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT). – IEEE, 2021. – С. 1-4.
44. Rayimjonova O. S. Investigation of cluster-type inhomogeneity in semiconductors //American Journal of Applied Science and Technology. – 2022. – Т. 2. – №. 06. – С. 94-97.
45. Азимов Р. К., Шипулин Ю. Г., Райимжонова О. С. Устройство для измерения скорости и определения направления горизонтального ветра //Сведения об авторах Шухрат Юрьевич Шипулин. – 2013.
46. Rayimjonova O. S. et al. LR Dalibekov Photo Converter for Research of Characteristics Laser IR Radiation //International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – 2020. – Т. 7. – №. 2. – С. 12788-12791.
47. http://bezpeka.com/files/lib_ru/217_zaschinfvolopt.zip
48. <http://www.osp.ru/nets/2008/09/5300705/>
49. <https://zaochnik.ru/blog/cherchenie-dlya-chajnikov-obzor-programmy-autodesk-autocad/?ysclid=lguvf9gqf5110190731>

Iskandarov U.U., Ismailov M.M. Aspects of high-quality transmission and reception of signals from a remote-directional acoustic laser microphone. Monograph. Global Book Publishing Services (GBPS) USA, 2024, 110 p.

Authors:

Iskandarov Usmonali Umarovich - Associate Professor, Fergana branch of the Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khorezmi, Fergana, Uzbekistan

Ismoilov Mamurjon Mukhtorovich - PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Fergana branch of the Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khorezmi, Fergana, Uzbekistan

DOI: DOI:- <https://doi.org/10.37547/gbps-35>

ISBN: 978-1-957653-43-3

Fergana – 2024

ISKANDAROV U.U., ISMOILOV M.M.

**ASPECTS OF HIGH-QUALITY TRANSMISSION AND
RECEPTION OF SIGNALS FROM A REMOTE-
DIRECTIONAL ACOUSTIC LASER MICROPHONE**

**Monograph. Fergana- USA Global Book
Publishing Services (GBPS)
USA 2024, 110 p.**



**Email: info@scientificpublication.org
Global Book Publishing Services
1211 Polk St, Orlando,
FL 32805, USA**