МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Радиотехники

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой _____
(Ф.И.О., ученая степень, звание)
_____ «____» _____ 20__ г.
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Модернизация пробника для проверки оксидных конденсаторов

Специальность 5В071900 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Выполнил (а) Калзин А.А. МРТ-10-2
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Сафин Р.Т.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:
по экономической части:
Бабич А.А.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «22» июня 2014 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:
Самсонова Т.С., к.т.н., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «6» июня 2014 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:
Кулинич А.А., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «____» _____ 20__ г.
(подпись)

_____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «____» _____ 20__ г.
(подпись)

Нормоконтролер: Лановенко И.В. ст. преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «5» июня 2014 г.
(подпись)

Рецензент: Кунушкин В.Н. инженер 1 кат ЦКС
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «____» _____ 20__ г.
(подпись)

Алматы 2014 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет РТС
Специальность РЭТ-5В0719
Кафедра РТ

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Канзин Азамат Абаевич
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Модернизация пробника для проверки оксидных конденсаторов

утверждена приказом ректора № ___ от «___» сентября 20___ г.
Срок сдачи законченной работы «___» _____ 20___ г.
Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта

1). Основные параметры оксидных конденсаторов;
2) Пробник - прототип;
3). Увеличение диапазона проверяемых оксидных конденсаторов

Перечень подлежащих разработке дипломного проекта вопросов или краткое содержание дипломного проекта:

1). Исследование оксидных конденсаторов;
2). Обзор пробника для проверки оксидных конденсаторов А. Мухлыченко;
3). Улучшение принципиальной схемы пробника;
4). Разработка макета пробника;
5) Анализ опасных факторов при пайке мелких изделий;
6) Составление технико-экономического обоснования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1). Батарея лейденской банки;
2). Конденсатор из металлических пластин
3). Простейший конденсатор;
4). Конструкция электролитического конденсатора;
5). Зависимость тока утечки от температуры;
6). Зависимость емкости от температуры;
7). Пробник для проверки оксидных конденсаторов;
8). Скриншот программы Pascal ABC.NET
9). Экспериментальная установка
10). Блок-схема эксперимента
11). Осциллограммы сигналов при различных емкостях: 10, 22, 33, 47 мкФ;
12). Зависимость частоты от емкости

Рекомендуемая основная литература

1). Бродский М.А. Бытовая радиоаппаратура: Справ. кн. – Мн.: Полымя, 1980г.
2). Виноградов Ю.В. Основы электронной и полупроводниковой техники. Изд. 2-ое, доп. М.: Энергия, 1972г.
3). Хакимжанов Т.Е. Охрана труда: Учебное пособие для ВУЗов. – Алматы: Эверо, 2006г.
4). Базылов К.Б., Алибаева С.А., Бабиг А.А. Методические указания по выполнению экономического раздела выпускной работы бакалавров: Алматы: АИЭС, 2009г.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Экономика	Бабиг А.А.		
БЖД	Санатова Т.С.	1.04 – 6.05.14	
Нормоконтроль	Мановенко Ш.В	5.06.2014	
Руководитель диплома	Сафин Р.Т.	26.05.2014	
Вычислительная техника	Куликов А.А.		

Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	Выбор схемы и разработка прототипа работающего с увеличением линейки проверяемых емкостей до 1000 мкФ	3.03 – 21.03	
2	Разработка и расчет составного транзистора и переходных процессов.	24.03 – 4.04	
3	Безопасность жизнедеятельности	7.04 – 11.04	
4	Технико-экономич. обоснование	14.04 – 24.04	
5	Изготовление печатной платы и ее сборка	25.04 – 9.05	
6	Экспериментальная часть	12.05 – 13.05	

Дата выдачи задания «____»_____20___ г.

Заведующий кафедрой _____ Артюхин В.В.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель _____ Сафин Р.Т.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению
студент _____ Камзин А.А.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Аңдатпа

Осы дипломдық жұмыс «Оксидті конденсаторларды тексеретін сыналушыны жаңарту» тақырыбына арналған. Жұмыстың мақсаты платадан демонтажсыз оксидті конденсаторлардың дұрыстығын тексеретін сыналушыны арттыру болып табылады.

Жұмыс барысында эксперименттер, есептер, графиктерді құрастыру жасалған. Жоғарыда айтылған пункттерден тұжырымдар жасалған. Және де сыналушының өздік құны есептеліп, потенциалды қаупты факторлардың анализі өткізілген.

Аннотация

Данная дипломная работа посвящена теме: «Модернизация пробника для проверки оксидных конденсаторов». Целью работы является улучшение пробника для проверки исправности оксидных конденсаторов на плате без демонтажа.

В ходе работы были проведены эксперименты, расчеты, построение графиков. Сделаны выводы по всем вышеназванным пунктам. А также подсчитана себестоимость пробника, и проведен анализ потенциально опасных факторов.

Содержание

Введение.....8
1 Начало разработок.....9
1.1 Конденсаторы.....9
1.2 Классификация конденсаторов.....15
1.3 Маркировка и основные электрические параметры конденсаторов.....20
1.4 Эксплуатационные факторы.....22
1.4.1 Климатические нагрузки.....22
1.4.2 Механические нагрузки.....24
1.4.3 Электрические нагрузки.....24
1.4.4 Радиационные воздействия.....25
1.5 Конструктивные особенности оксидных конденсаторов.....27
1.6 Пробник для проверки оксидных конденсаторов.....28
2 Расчетная, программная и экспериментальные части.....29
2.1 Расчет составного транзистора.....29
2.2 Расчет переходных процессов.....30
2.3 Программная часть.....34
2.4 Экспериментальная часть.....35
3 Безопасность жизнедеятельности.....39
3.1 Характеристика выполняемой работы.....39
3.2 Расчет вентиляции.....41
3.3 Внутренние тепловые нагрузки.....44
3.4 Расчет теплового баланса помещения.....45
3.5 Расчет вентиляции от вредных веществ.....46
3.5 Расчет естественного освещения.....48
4 Технико – экономическое обоснование.....51
4.1 Сравнительная характеристика.....51
4.2 Расчет материальных затрат на разработку.....52
4.3 Расчет затрат труда.....53
4.4 Цена интеллектуального труда.....55
Заключение.....57
Список литературы.....58
Приложение А.....60

Введение

Оксидные конденсаторы - одни из самых ненадежных компонентов радиоаппаратуры. Они подвержены старению, в результате чего становятся неисправными: резко возрастают токи утечки (плохая изоляция между обкладками), возможны пробои (короткое замыкание между обкладками) или обрыв выводов и потеря емкости. Проблема быстрого контроля исправности оксидных конденсаторов решается, путем использования пробника, позволяющего оценить работоспособность конденсатора без его демонтажа из платы.

Целью дипломной работы является улучшение пробника для проверки оксидых конденсаторов на плате без демонтажа.

На основе поставленной цели рассмотрим задачи:

– поставить эксперимент: с помощью осцилографа измерить частоты проверяемых конденсаторов;

– при помощи полученных результатов построить график зависимости емкости от частоты;

– выполнение необходимых расчетов;

– расчет естественного освещения и вентиляции;

– расчет себестоимости пробника.

1 Начало разработок

1.1 Конденсаторы

Конденсаторы являются важным элементом любой электронной схемы, от простого к более сложному. Трудно представить электронную схемы в которых не используются конденсаторы. В течение двух с половиной веков существования, которые значительно изменили свой внешний вид, сегодня конденсаторы отвечают всем требованиям передовых технологий. Некоторые конденсаторы стоят копейки, но их производство в мире - это миллиарды долларов [1].

Принципы конденсаторов были знакомы еще 250 лет назад, когда в 1745 г. в Лейдене, немецкий физик Юрген Эвальд фон Клейст и голландский физик Питер Ван Мушенбрук создали первый конденсатор - "лейденскую банку". В ней диэлектриком были стеклянные стены банки, откуда и возникло название. Эти принципы не изменились до сих пор, однако совершенствование технологий и применение новых материалов позволили значительно улучшить конструкцию конденсаторов [1]. Общий заряд, котрый может накапливаться в у лейденской банке объемом 1 литр сейчас можно "уместить" в устройство размером с булавку. За последние 30 лет размеры конденсаторов уменьшались столь же быстро, сколь быстро происходила миниатюризация в электронике [1]. В конце концов, можно просто вспомнить, что еще 15 - 20 лет назад компьютеры (ПК), были настолько велики, что занимали целые комнаты. Теперь, компьютер в миниатюре, с легкостью помещаются в наших руках, хотя их производительность в десять раз больше.

Немногие знают, что наш великий инженер – электрик Павел Николаевич, изобрел специальную конструкцию дуговой лампы и одновременно участвовал в разработке и использовании конденсаторов и добился выдающихся результатов. Среди основных направлений деятельности по конденсаторам отражены в его публикациях 1877-1880 гг. (документах и патентах). Так, во французском патенте № 120684, выданном П.Н. Яблочкову 11 октября 1877 г., речь идет о лейденских банках и «конденсаторах особых типов». Для примера на рисунке 1.1 представлена батарея лейденских бутылок с проводящей жидкостью. Из бутылок выступают стержневые выводы, соединенные между собой. От сосуда отходит другой общий вывод [1].

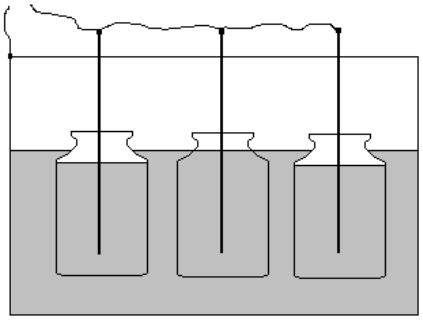

Рисунок 1.1 – Батарея лейденской банки

В этом патенте для нас наибольший интерес представляют «конденсаторы особых типов» в виде стопки (блока) металлических пластин (или полосок фольги) с находящимися между ними изоляционными слоями (пластинами), при этом четные металлические пластины (полоски фольги) соединены между собой общим проводником, а нечетные другим [2]. Его схема представлена на рисунке 1.2. П.Н.Яблочков указывает на то, что такие устройства могут быть соединены между собой последовательно или параллельно. Блочный дизайн, предложенный в них впоследствии нашел широкое применение.

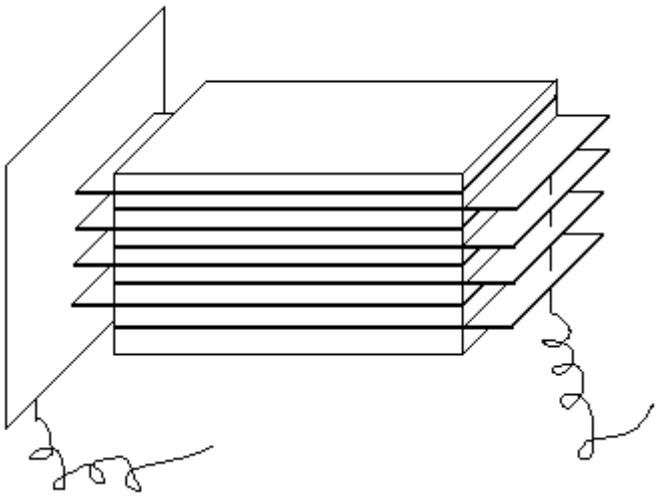

Рисунок 1.2 – Конденсатор из металлических пластин

В конце 1877 года и в начале 1878г. П.Н. Яблочков демонстрировал конденсаторы, предназначавшиеся для его системы электрического освещения. Они представляли собой свернутые в рулон листы оловянной фольги, разделенные слоями пластыря и гуттаперчи. В реферате доклада П.Н.Яблочкова отмечалось, что такие конденсаторы «позволяют получать в небольшом объеме громадные электрические мощности» [2].

В дополнении от 12 октября 1878 года цитированному выше патенту

№ 120684 Павел Николаевич Яблочков заявляет свои права на «металлические листки, покрытые изолирующим веществом, специально в

целях устройства конденсатора посредством погружения таких изолирующих пластин в жидкость, содержавшуюся в резервуаре» [2].

Можем предположить, что П.Н. Яблочков вслед за А. Вольта изобрел пластины конденсатора, с лакопленочной или алюминиевой фольгой покрытой лаком. Изначально пластины конденсатора Яблочкова были в виде жидкости, которая повышает электрическое сопротивление и емкость, учитывая шероховатость покрытия. Этой идеей П.Н. Яблочков предвосхитил конструкцию оксидного (электролитического) конденсатора, запатентованного вскоре после его смерти.

Напомним, что в оксид служит слой оксида диэлектрического конденсатора, образованный в процессе электролиза на поверхности одной из металлических пластин, а другая обкладка – электролит, необходим для существования оксидного слоя. Толщина оксидного слоя при низких напряжениях менее одного микрометра, что обеспечивает большие емкости конденсаторов.

Работы П.Н. Яблочкова по конденсаторам относятся к тому периоду времени, когда только начиналось их промышленное применение в телеграфии. Яблочков одним из первых включил конденсатор в цепь переменного (по русской терминологии того времени – перемежающегося) тока [3]. Изучение работы конденсатора на переменном токе имело важнейшее значение для становления и развития электротехники, а в последствии и радиотехники.

Сейчас существует множество видов и разновидностей конденсаторов. Но в основе своей они все повторяют простейший конденсатор, который образуют две металлические пластины, изолированные одна от другой. Схема простейшего конденсатора представлена на рисунке 1.3.

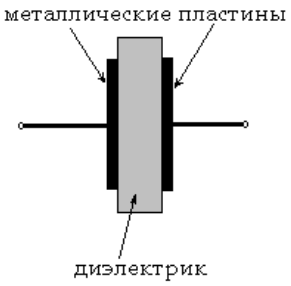

Рисунок 1.3 – Простейший конденсатор

Чаще всего пластины называют обкладками, а изолирующий слой – диэлектриком.

Миниатюризация - основное направление в совершенствовании конструкции конденсаторов, поскольку от этого зависит дальнейшее уменьшение размеров интегральных схем [3]. Есть два наиболее распространенных дизайна конденсаторов: первый, основанный на использовании слоев керамики толщиной 0,002 см и меньше, и второй основан на технологии, которая позволяет "свернуть" структуру в квадратный плоский

лист газеты, размером больше чем сахар. Чтобы понять теоретические основы этих технологий, вернемся к первым конденсаторам.

Прообразом современных конденсаторов, как уже было сказано, была лейденская банка. В 1746 г. ее усовершенствовал английский ученый, астроном и физик Дж. Бевис. Лейденская банка представляет собой стеклянный сосуд, внутренняя и наружная поверхность которого покрыты двумя листами фольги. Через резиновую пробку в сосуд вставлен металлический стержень так, что он касается внутреннего листа фольги [4]. Внутренний и наружный листы фольги, в обычных условиях имеющие нейтральный заряд, играют роль электродов, если их подсоединить к внешнему источнику электрических зарядов.

Источником заряда могут быть электрические батареи, эбонитовая палочка или генератор. Если такой палочкой, несущей в себе свободные электроны, коснуться металлического стержня в горлышке сосуда, электроны потекут с палочки на внутренний электрод. Таким образом, отрицательный заряд передается на внутренний электрод. Поскольку способность накапливать заряд в контейнер ограничивается их взаимным отталкиванием, переход к электроду не может быть бесконечным. Способность накапливать и удерживать заряд называется емкостью.

В лейденской банке емкость увеличивается благодаря наличию второго электрода на внешней стенке сосуда. Если этот электрод заземлить, то заряд, накопленный на внутреннем электроде, будет притягивать из земли такой же по величине заряд противоположного знака. Накопленный на наружном электроде положительный заряд притягивает находящиеся на внутреннем электроде отрицательно заряженные электроны, частично нейтрализуя силы отталкивания, сдерживающие накапливание электронов [4]. Благодаря этому емкость сосуда увеличивается. Однако расти бесконечно она не может.

Существует два способа увеличения емкости лейденской банки. Один из них, это увеличение площади электродов для того, чтобы позволить заряду расходиться в большее пространство, и, следовательно, уменьшить силы взаимного отталкивания электронов. Другой путь - уменьшить толщину стеклянной стенки сосуда, разделяющей заряды, накапливающиеся на внутреннем и внешнем электродах. Главное помнить, что если слой слишком тонкий, электроны могут пройти через него, создав искру, которая приведет к точечной нагрузке.

Оба пути в лейденской банке сложно воплотить, но они входят в число трех классических способов, к которым прибегают инновационные эксперты и ученые при разработке новейших конструкций конденсаторов. К третьей зоне, для повышения потенциала, важно брать во внимание поведение электронов в изоляторах. А электроны изоляционного материала поддонов, еще могут двигаться слегка под действием сил притяжения или отталкивания, действующие на электроды. На одной стороне разделяющего электроды диэлектрика электроны как бы "вспучиваются" под его поверхностью, создавая отрицательный заряд, на другой его стороне они "утопают" в толщу

диэлектрика, увеличивая в подповерхностной зоне значение положительного заряда [4].

Таким образом, созданные в диэлектрике заряды способствуют нейтрализации заряда на обкладках, а некоторые диэлектрики могут нести заряды, которые по величине не уступают зарядам на самих электродах. Компенсация зарядов убавляет действие сил отталкивания и формирует условия для скопления на электродах большего заряда, что приводит к увеличению емкости. Ступень проявления этого парадокса зависит от параметров диэлектрика и именуется диэлектрической проницаемостью материала. Диэлектрическая проницаемость указывает, во сколько раз увеличивается емкость конденсатора, когда вместо вакуума пространство между его электродами (обкладками) заполняется данным материалом. Стекло, используемое в лейденской банке, имеет значение диэлектрической проницаемости около 5, а диэлектрическая проницаемость новых материалов, используемых в современных конденсаторах массового производства, достигает 20 000 [5].

Применение этих материалов только объясняет высокую эффективность керамических конденсаторов в несколько слоев, которые являются одним из двух наиболее распространенных типов данного устройства. Другой тип - электролитические конденсаторы; его емкости (на единицу объема) даже выше, даже без использования диэлектрика с высокой диэлектрической постоянной. Объем производительности обоих составляет 95% от всего полученного от продаже конденсаторов.

Многослойный керамический конденсатор - минимизированный вариант лейденской банки. На практике в качестве диэлектрика в керамических конденсаторах используется титанат бария с добавлением маленького количества других оксидов. Такие керамики, имеющие диэлектрическую проницаемость в пределах от 2000 до 6000, в исходном состоянии представляют собой тонкодисперсный порошок, частицы которого имеют диаметр несколько микрон. Порошок перемешивают с растворителем, содержащим связующее существо, которое позже соединит умерено рассредоточенные в растворе частички керамики. Приобретенная смесь в облике водянистой глины владеет такую же консистенцию, как и краска. Смесь разливают слоем шириной некоторое количество сотых частей миллиметра на бумажную либо железную ленту и высушивают. Пленка режется на квадратные пластины размером 15-20 см; на каждую такую пластину методом печатного монтажа наносится несколько тысяч обкладок через специальный трафарет, задающий их конфигурацию [5]. Для нанесения обкладок используется серебряно-палладиевая суспензия.

После того как обкладки нанесены, берут 30 – 60 пластин и спрессовывают их между несколькими слоями таких же пластин, на которые обкладки не наносились. Полученные заготовки конденсаторов обжигаются в печи с медленным нагревом до 1000-1400 °С.

Электролитический конденсатор можно уподобить лейденской банке из очень тонкого стекла, уменьшенной до размеров небольшого куба. Он изготавливается из куска металла с 60 %-ной пористостью. Для большинства современных электролитических конденсаторов употребляют размельченный тантал - жесткий сплав серого цвета. Порошок тантала спрессовывается и потом в течение нескольких часов полученную заготовку нагревают в вакуумной камере до температуры, близкой к 2000 °С [5]. В результате частицы металла спекаются, плотно сцепляясь друг с другом. Образуемые при этом небольшие ниши и щели в толще спрессованного порошка повышают поверхностную площадь заготовки, которая потом будет служить одной из обкладок конденсатора. Затем в электролитической ванне заготовку подвергают анодированию, чтобы на поверхностях пор получить изолирующий слой оксида тантала. Потом заготовку погружают в раствор нитрата марганца. В ее порах после нагрева осаждаются частицы полупроводящего диоксида марганца, слой которых играет роль одной обкладки, а танталовые частицы под слоем оксида тантала - другой обкладки. Конденсатор сначала покрывают графитовой, потом серебряной краской, напыляют слой никеля и заделывают в корпус.

Невзирая на то, что электролитические конденсаторы имеют наибольшую удельную емкость по сообразно сопоставлению с другими типами конденсаторов, область их применения ограничена. Во 1-ых, это разъясняется тем, что подводимое к нему напряжение обязано иметь определенную полярность, которую нельзя менять. Эта функция позволяет использовать конденсаторы электролитические только в постоянных токах. Во-вторых, электролитические конденсаторы, более склонны к разрыву в качестве диэлектрических слоев, потому что это очень тонкий.

Основные величины, характеризующие конденсатор - это его емкость и рабочее напряжение. Конструкция конденсаторов в зависимости от назначения и величины емкости может быть самой разнообразной [5]. Емкость конденсаторов определяется по формуле 1.2:

$$C = \frac{q}{U}, \tag{1.2}$$

где q – заряд конденсатора;

U – напряжение между обкладками.

Международной единицей измерения емкости является фарада (Ф), но фарада как единица емкости очень велика. Поэтому емкость конденсаторов обычно измеряется в производных величинах – в микрофарадах (мкФ), нанофарадах (нФ) и в пикофарадах (пФ) [5].

1.2 Классификация конденсаторов

В зависимости от назначения конденсаторы разделяются на две большие группы: общего и специального назначения.

Группа всеобщего назначения включает в себя обширно используемые конденсаторы, применяемые в большинстве видов и классов аппаратуры. Традиционно к ней относят наиболее распространённые низковольтные конденсаторы, к которым не предъявляются особые требования [6].

Все остальные конденсаторы являются специальными. К ним относятся: высоковольтные, помехоподавляющие, импульсные, дозиметрические, пусковые и др.

В зависимости от способа монтажа конденсаторы могут выполняться для печатного и навесного монтажа, а также в составе микромодулей и микросхем или для сопряжения с ними. Выводы конденсаторов для навесного монтажа могут быть жёсткие или мягкие, аксиальные или радиальные из проволоки круглого сечения или ленты, в виде лепестков, с кабельным вводом, в виде проходных шпилек, опорных винтов и т. п. [6].

По характеру защиты от внешних воздействий конденсаторы выполняются: незащищёнными, защищёнными, неизолированными, изолированными, уплотнёнными и герметизированными.

Незащищённые конденсаторы допускают в эксплуатацию в критериях завышенной влажности лишь в составе герметизированной аппаратуры. Защищённые конденсаторы допускают эксплуатацию в аппаратуре любого конструктивного исполнения. Неизолированные конденсаторы (с покрытием или без него) не допускают касаний своим корпусом шасси аппаратуры. Изолированные конденсаторы имеют довольно нелохое изоляционное покрытие и допускают касания корпусом шасси аппаратуры. Конденсаторы запечатаны были сжаты строительства тела органического материала. Герметизированные конденсаторы имеют герметичную конструкцию корпуса, который исключает возможность сообщения окружающей среды с его внутренним пространством [6]. Герметизация производится с помощью керамических и металлических корпусов или стеклянных колб.

По виду диэлектрика все конденсаторы можно разделить на группы: с органическим, неорганическим, газообразным и оксидным диэлектриком.

Конденсаторы с органическим диэлектриком [7]. Эти конденсаторы производят намоткой тонких длинноватых лент конденсаторной бумаги, плёнок либо их комбинации с металлизированными или фольговыми электродами. По назначению конденсаторы можно разделить на : низкочастотные и высокочастотные.

К низкочастотным плёночным относятся конденсаторы на основе полярных и слабополярных плёнок (бумажные, металлобумажные, полиэтилентерефталатные, комбинированные, лакоплёночные, поликарбонатные и полипропиленовые). Они способны работать на частотах до

104-105 Гц при существенном снижении амплитуды переменной составляющей напряжения с увеличением частоты [7].

К высокочастотным плёночным относятся конденсаторы на основе неполярных плёнок (полистирольные и фторопластовые). Они допускают работу на частотах до 105-107 Гц. Верхний предел по частоте зависит от конструкции обкладок, контактного узла и от ёмкости. К этой группе относят некоторые типы конденсаторов на основе слабополярной полипропиленовой плёнки [7].

Высоковольтные конденсаторы можно разделить на высоковольтные постоянного напряжения и импульсные. Как используется высокое напряжение конденсатора, диэлектрическая проницаемость, как бумага, полистирол, политетрафторэтилен, полиэтилентерефталат, и смесь из бумаги и пленки. Основное требование к высоковольтным конденсаторам: высокая электрическая прочность изоляции.

Импульсные конденсаторы наряду с высокой электрической прочностью и сравнительно большими ёмкостями должны допускать быстрые разряды.

Дозиметрические конденсаторы работают в цепях с низким уровнем токовых нагрузок, потому они должны иметь малый саморазряд и большое сопротивление изоляции, а следовательно и большую постоянную времени.

Помехоподавляющие конденсаторы предназначены для ослабления электромагнитных помех в широком диапазоне частот. Они имеют малую индуктивность, в результате чего повышается резонансная и полоса подавляемых частот. Эти конденсаторы делают бумажные, комбинированные и плёночные [8].

Конденсаторы с неорганическим диэлектриком можно разделить на три группы: низковольтные, высоковольтные и помехоподавляющие. В качестве диэлектрика в них используется керамика, стекло, стекло эмаль, стеклокерамика, слюда [8]. Обкладки выполняются в виде тонкого слоя металла, нанесённого на диэлектрик путём непосредственной его металлизации, или в виде тонкой фольги.

Группа низковольтных конденсаторов включает в себя низкочастотные и высокочастотные конденсаторы.

По назначению они подразделяются на три типа:

1) конденсаторы, предназначенные для использования в резонансных контурах, где малые потери и высокая стабильность ёмкости имеют существенное значение;

2) конденсаторы, предназначенные для использования в цепях фильтров, блокировки и развязки или в других цепях, где малые потери и высокая стабильность ёмкости не имеют существенного значения;

3) керамические конденсаторы с барьерным слоем, предназначенные для работы в тех же цепях, что и другого типа, однако имеющие наименьшее значение сопротивления изоляции и большее значение тангенса угла диэлектрических потерь, что ограничивает область применения низкими частотами. Слюдяные и стеклоэмалевые конденсаторы относятся к

конденсаторам первого типа, стеклокерамические могут быть первого и второго типов, керамические – всех типов.

Высоковольтные конденсаторы большой и малой реактивной мощности. По назначению они могут быть 1 и 2 типов и так же, как низковольтные, они разделяются на высокочастотные и низкочастотные. Главным параметром является удельная энергия, так что для них, чтобы забрать керамики, с большой диэлектрической постоянной. Для увеличения реактивной мощности выбирается керамика с низким уровнем потерь, и терминалы дизайн и конденсатор, основаны на возможности прохождения больших потоков. Высоковольтные слюдяные конденсаторы делают фольговыми, т. к. они предназначены для работы при повышенных токовых нагрузках [8].

Помехоподавляющие конденсаторы разделяются на опорные и проходные, их основное назначение – подавление индустриальных и высокочастотных помех, создаваемых промышленными и бытовыми приборами, т. е. они являются фильтрами нижних частот.

Опорные конденсаторы - это конденсаторы, одним из выводов которых является опорная металлическая пластина с резьбовым креплением.

Проходные конденсаторы делают коаксиальными - один из, выводов которых представляет собой тонко несущий стержень, по которому протекает полный ток внешней цепи и не коаксиальными - через выводы которых протекает полный ток внешней цепи.

Оксидные конденсаторы (старое название — электролитические) подразделяются на: общего назначения, неполярные, высокочастотные, импульсные, пусковые и помехоподавляющие [8]. Как используется в том же оксидный слой диэлектрика образовалась электрохимическим способом с покрытием с некоторых металлов анодного металла. В зависимости от материала анода оксидные конденсаторы подразделяют на алюминиевые, танталовые и ниобиевые. Второй обкладкой конденсатора (катодом) служит электролит, пропитывающий бумажную или тканевую прокладку в оксидно-электролитических (жидкостных) алюминиевых и танталовых конденсаторах, жидкий или гелеобразный электролит в танталовых объемно-пористых конденсаторах и полупроводник (двуокись марганца) в оксидно-полупроводниковых конденсаторах [9].

Конденсаторы с оксидным диэлектриком — низковольтные, с относительно большими потерями, но в отличие от других типов низковольтных конденсаторов имеют несравнимо большие емкости [3]. Они используются в фильтрах источников электропитания, цепях развязки, шунтирующих и переходных цепях полупроводниковых устройств на низких частотах.

Алюминиевые оксидно-электролитические конденсаторы являются одними из самых массовых. Они выпускаются на напряжения от 3 до 450 (500) (В) с диапазоном емкостей от десятых долей до сотен тысяч микрофарад (мкФ) и предназначены для работы в цепях постоянного и пульсирующего токов, а также в импульсных режимах [9]. Его обкладки (катод

и анод) изготавливаются из алюминиевой ленты, между которыми специальная электролитическая бумага, пропитанная электролитом. Одна из пластин, имеет очень тонкий слой оксида алюминия, который появляется в результате окисления, электролитические и изолирующий. Этот оксидный слой обладает свойствами односторонней проводимости, но в определенном направлении приложения электрического потенциала он обладает отличными диэлектрическими свойствами, а также малой толщиной, что позволяет изготавливать конденсаторы больших емкостей с небольшими размерами [3]. Конструкция электролитического конденсатора представлена на рисунке 1.4.

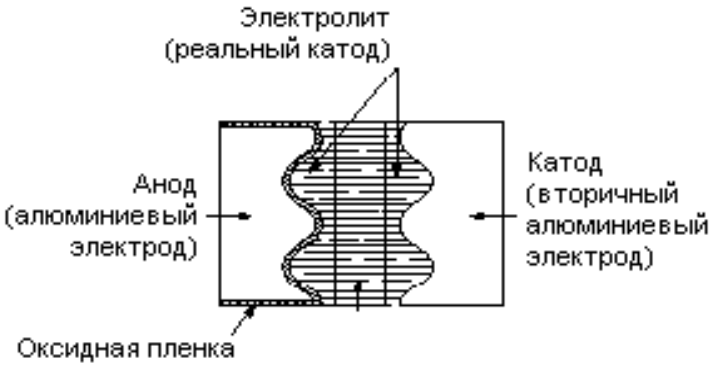

Рисунок 1.4 – Конструкция электролитического конденсатора

В связи с этим обстоятельством подавляющее большинство выпускаемых промышленностью электролитических (оксидных) конденсаторов являются полярными элементами, и при их включении в схему нужно соблюдать соответствующую полярность [9]. Ежели обе алюминиевые полосы имеют на собственной поверхности слой оксида, конденсатор будет неполярным. Такие конденсаторы тоже выпускаются, но распространены они значительно меньше.

Неполярные конденсаторы с оксидным диэлектриком могут включаться в цепь постоянного и пульсирующего тока без учета полярности, а также допускать смену полярности в процессе эксплуатации. Неполярные конденсаторы выпускаются оксидно-электролитические (жидкостные) алюминиевые и танталовые, а также оксидно-полупроводниковые танталовые. Эти типы конденсаторов (алюминиевые, жидкостные и танталовые оксидно-полупроводниковые) широко применяются в источниках вторичного электропитания, в качестве накопительных и фильтрующих элементов в цепях развязок и переходных цепях полупроводниковых устройств в диапазоне частот пульсирующего тока от десятков герц до сотен килогерц. По частотным характеристикам уступают конденсаторы на основе неорганического диэлектрика. Для улучшения использования электролитических конденсаторов в широком диапазоне частот, необходимо уменьшить его сопротивление. Это оказалось вероятным при появлении совершенно новых конструктивных решений — четырехвыводных конструкций и плоской конструкции, позволяющих их эксплуатацию на значительно более высоких частотах [10].

Импульсные конденсаторы используются в электрических цепях с относительно длительным зарядом и быстрым разрядом, например в устройствах фотовспышек [10]. Такие конденсаторы должны быть энергоемкими, иметь малое полное сопротивление и большое рабочее напряжение. Наилучшим образом этому требованию удовлетворяют оксидно-электролитические алюминиевые конденсаторы с напряжением до 500 (В).

Пусковые конденсаторы используются в асинхронных двигателях, в которых емкость включается только на момент пуска двигателя. В присутствии возможности загрузки ядра, поле, которое вращается, начнет относиться к круговой, и магнитный поток увеличивается. Все это способствует повышению пусковой момент, улучшает продуктивность двигателя. В связи с тем, что **пусковые конденсаторы включаются в сеть переменного тока, они должны быть неполярными и иметь сравнительно большое для оксидных конденсаторов** рабочее напряжение переменного тока, несколько превышающее напряжение промышленной сети [10]. На практике используются пусковые конденсаторы емкостью порядка десятков и сотен микрофарад, созданные на основе алюминиевых оксидных пленок с жидким электролитом.

В группу оксидных помехоподавляющих конденсаторов входят только проходные оксидно-полупроводниковые танталовые конденсаторы. Они, как и проходные конденсаторы других типов, выполняют роль фильтра нижних частот, но в отличие от них имеют гораздо большие значения емкостей, что дает возможность сдвигать частотную характеристику в область более низких частот [11].

1.3 Маркировка и основные электрические параметры конденсаторов

Условное обозначение конденсаторов может быть сокращённым или полным. В соответствии с действующей системой сокращённое условное обозначение состоит из букв и цифр [12].

Первый элемент - буква или сочетание букв, обозначающее подкласс конденсатора:

- К - постоянной ёмкости;
- КТ – подстроечные;
- КП - переменной ёмкости.

Второй элемент - обозначение группы конденсатора в зависимости от материала диэлектрика.

Третий элемент - пишется через дефис и обозначает регистрационный номер конкретного типа конденсатора. В состав третьего элемента может входить также буквенное обозначение [12].

- КД - конденсаторы дисковые;
- КМ - керамические монолитные;
- КЛС - керамические литые секционные;
- КСО - конденсаторы слюдяные опрессованные;
- СГМ - слюдяные герметизированные малогабаритные;
- КБГИ - конденсаторы бумажные герметизированные изолированные;
- МБГЧ - металлобумажные герметизированные частотные;
- КЭГ - конденсаторы электролитические герметизированные;
- ЭТО - электролитические танталовые объёмно-пористые;
- КПК - конденсаторы подстроечные керамические.

Параметры и характеристики, входящие в полное условное обозначение, указываются в следующей последовательности:

- обозначение конструктивного исполнения;
- номинальное напряжение;
- номинальная ёмкость;
- допускаемое отклонение ёмкости;
- группа и класс по t стабильности ёмкости;
- номинальная реактивная мощность;
- другие, необходимые дополнительные характеристики.

Основные электрические параметры конденсаторов.

1) Номинальная ёмкость и допускаемое отклонение ёмкости. Номинальная ёмкость - ёмкость, значение которой обозначено на конденсаторе или указано в нормативно-технической документации и является исходным для отчёта допускаемого отклонения.

2) Номинальные напряжение и ток. Номинальное напряжение - значение напряжения, обозначенное на конденсаторе, при котором он может работать в

заданных условиях в течение срока службы с сохранением параметров в допустимых пределах. Амплитуда переменного напряжения не должна превышать значения напряжения, рассчитанного исходя из допустимой реактивной мощности.

3) Тангенс угла потерь. Тангенс угла потерь характеризует потери энергии в конденсаторе и определяется отношением активной мощности к реактивной при синусоидальном напряжении определённой частоты.

4) Сопротивление изоляции, ток утечки. Электрическое сопротивление конденсатора постоянному току опр. Напряжения называется сопротивлением изоляции конденсатора. Сопротивление изоляции – характеристика качества производства конденсатора, и зависит от вида диэлектрика. Конденсатор признать, касаться его тела и панели, концепция сопротивление изоляции между корпусом соединены между собой выводами. Ток проводимости, проходящий через конденсатор при постоянном напряжении на его обкладках в установившемся режиме, называют током утечки.

5) Температурный коэффициент ёмкости (ТКЕ). Величина, применяемая для характеристики конденсатора с линейной зависимостью ёмкости от температуры и равная относительному изменению ёмкости при изменении температуры окружающей среды на один градус Цельсия (Кельвина), называется температурным коэффициентом ёмкости [13].

6) Диэлектрическая абсорбция конденсаторов. Явление, обусловленное замедленными процессами поляризации в диэлектрике, приводящее к появлению напряжения на электродах после кратковременной разрядки конденсатора, называется диэлектрической абсорбцией.

7) Полное сопротивление конденсатора. Резонансная частота. Под полным сопротивлением конденсатора понимают сопротивление конденсатора переменному синусоидальному току определённой частоты, обусловленное наличием у реального конденсатора наряду с ёмкостью также активного сопротивления и индуктивности [13]. Значения активного сопротивления и индуктивности зависят от характеристик используемых материалов и конструктивного исполнения конденсатора.

8) Реактивная мощность. Понятие реактивной мощности введено для высокочастотных и особенно высоковольтных конденсаторов и используется для установления допустимых электрических режимов эксплуатации. При этом в области низких частот ограничения определяются допустимой амплитудой напряжения переменного тока, а на высоких частотах - допустимой реактивной мощностью конденсатора [14]. Таким образом, реактивная мощность характеризует нагрузочную способность конденсатора при наличии на нём больших напряжений высокой частоты.

9) Вносимое затухание и сопротивление связи. Вносимое затухание и сопротивление связи - это величины, характеризующие способность помехоподавляющих конденсаторов и фильтров подавлять помехи переменного тока заданной частоты. Вносимое затухание и сопротивление связи зависят от частоты переменного тока, ёмкости, индуктивности, добротности и

конструкции конденсаторов и фильтров, а также от выходного сопротивления генератора и сопротивления нагрузки [14].

1.4 Эксплуатационные факторы и их воздействие

Эксплуатационная надежность конденсаторов в радиоэлектронной аппаратуре определяется воздействием комплекса факторов, которые по своей природе можно разделить на:

- климатические нагрузки (атмосферное давление, влажность, температура и др.);
- механические (вибрация, удары, акустические шумы);
- электрические нагрузки (ток, напряжение, частота переменного тока, реактивная мощность);
- радиационные воздействия (солнечная радиация, поток гамма – лучей и нейронов,).

Под влиянием этих факторов изменяются параметры конденсаторов. В зависимости от вида и длительности нагрузки уходы параметров складываются из обратимого (временного) и необратимого изменений. Обратимые изменения параметров вызываются кратковременным воздействием нагрузок, не приводящих к изменению свойств конструкционных материалов и проявляющихся лишь в условиях воздействия нагрузок [15]. После снятия нагрузки параметры конденсаторов, принимают значения, близкие к начальным.

1.4.1 Климатические нагрузки.

Температура и влажность окружающей среды - это важные факторы, которые влияют на надежность и долговечность конденсаторов. Длительное воздействие таких факторов как повышенная температура вызывает старение диэлектрика, в результате чего параметры конденсаторов получают необратимые изменения [15]. Применение конденсаторов в условиях, превышающих ограничения, недопустимо, так как может вызвать резкое снижение сопротивления изоляции и электрической прочности, уменьшение ёмкости, увеличение тока утечки и тангенса угла потерь, нарушение герметичности спаев, ухудшение изоляционных и защитных свойств органических покрытий и заливочных материалов, а в ряде случаев может привести к полной потере работоспособности конденсаторов. Увеличение тока утечки уменьшается с увеличением и уменьшением температуры. На рисунке 1.5 представлен график зависимости тока утечки от температуры [15].

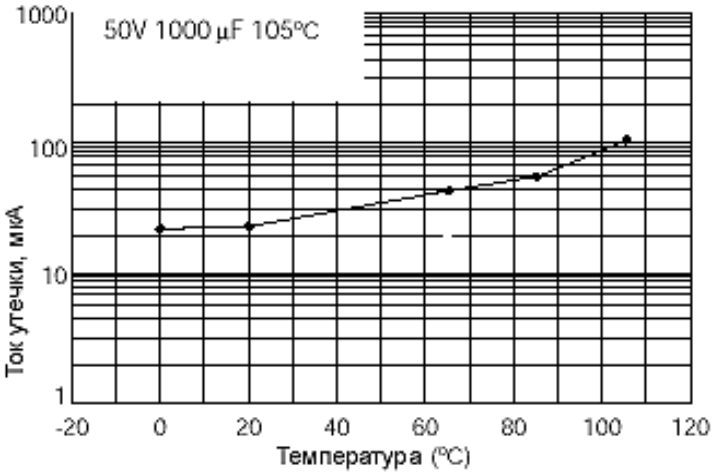

Рисунок 1.5 – Зависимость тока утечки от температуры

Наряду с внешней температурой на конденсаторы в составе аппаратуры может воздействовать теплота, выделяемая другими нагревающимися при работе аппаратуры деталями (мощные генераторные и модуляторные лампы, резисторы и т.п.).

Для многих типов конденсаторов при низких температурах, которые характеризуются ограниченными физическими возможностями, особенно для оксидных и керамических конденсаторов. Все типы электролитических конденсаторов с жидким электролитом или пастообразных, при температуре ниже 60 градусов по Цельсию, являются почти непригодными для использования из-за резкого снижения потенциала и увеличение угла потерь.

Емкость алюминиевых электролитических конденсаторов увеличивается при увеличении температуры и соответственно уменьшается при уменьшении температуры. Связь между емкостью и температурой представлена на рисунке 1.6 [15].

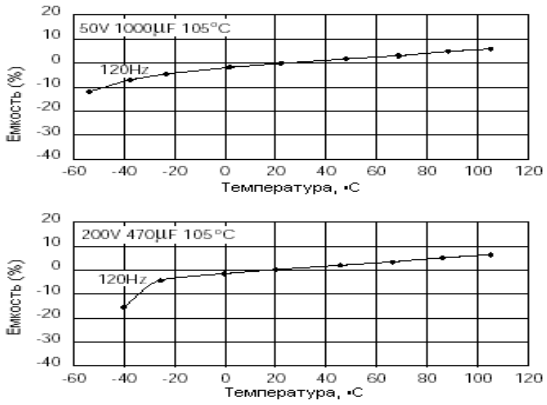

Рисунок 1.6 – Зависимость емкости от температуры

Длительное воздействие повышенной влажности сильно сказывается на изменении параметров негерметизированных конденсаторов. Наименьшую влагостойкость имеют бумажные, металлобумажные и слюдяные спрессованные конденсаторы. Проникновение влаги снижает сопротивление

изоляции и электрическую прочность, а также увеличивает тангенс угла потерь и ёмкость. Кроме прямого влияния на электрические характеристики, наличие влаги может вызвать коррозию металлических частей, появление различных видов плесени. Появление плесени, в свою очередь, может вызвать разрушение защитных покрытий и маркировки конденсатора.

Повышенное давление (до 3 атм) не оказывает существенного влияния на работу конденсаторов. В условиях низкого давления снижается электрическая прочность воздушного промежутка, создаются условия пря пробоев и перекрытия. Во избежание таких последствий следует понижать напряжение на конденсаторе. В условиях низкого давления у негерметичных оксидных конденсаторов с жидким или пастообразным электролитом из – за испарения легко летучих компонентов происходит интенсивная потеря электролита, что резко уменьшает срок их службы.

1.4.2 Механические нагрузки.

При эксплуатации аппаратуры конденсаторы подвергаются различного рода механическим нагрузкам, таким как: вибрация, удары, линейное ускорение, акустические нагрузки [15]. Наиболее опасными являются удары и вибрации, воздействия, которые не должны превышать допустимых пределов. Механические нагрузки, превышающие допустимые нормы, могут вызвать обрывы выводов и внутренних соединений, появление трещин в корпусах и изоляторах, снижение электрической прочности, увеличение тока утечки (у оксидных конденсаторов), изменение установленной ёмкости (у подстроенных конденсаторов) [15]. У оксидных конденсаторов во время воздействия вибрационных и ударных нагрузок возможны кратковременные скачки тока утечки за счет разрушений оксидного слоя.

1.4.3 Электрические нагрузки.

Наибольшие изменения параметров делает электрический заряд, долгосрочное влияние сказывается на старение, ухудшается электрическая проницаемость. Важно иметь в виду при выборе рабочее напряжение, особенно при длительном использовании конденсаторов. При постоянном напряжении основной причиной старения являются электрохимические процессы, которые возникают в диэлектрике под действием постоянного поля и усиливаются с увеличением температуры и влажности окружающей среды [16]. Степень их влияния определяется видом диэлектрика и конструктивным исполнением конденсатора.

При переменном напряжении и импульсных режимах основной причиной старения являются ионизационные процессы, возникающие внутри диэлектрика, либо у краёв обкладок, преимущественно в местах газовых включений. Данное явление характерно для высоковольтных конденсаторов. Для керамических материалов ионизация в закрытой поре вызывает сильный

местный разогрев, в результате которого возможно растрескивание керамики и пробой по трещине. Несмотря на то что допустимое значение напряженности электрического поля в диэлектрике выбирается с некоторым запасом, эксплуатация под электрической нагрузкой, превышающей номинальное напряжение, резко снижает надежность конденсаторов [16]. Компонент переменного напряжения допустим и может привести к нарушению теплового равновесия в конденсаторе, что приводит к термической деградации диэлектрика. Это явление объясняется тем, что проводимости диэлектриков растет с ростом температуры.

Электролитические оксидные конденсаторы имеют низкую стабильность к воздействию электрических эксплуатационных нагрузок, объясняется это наличием в них жидкого или пастообразного электролита, т.к. сопротивление электролита в большей степени зависит от температуры окружающей среды. Длительное воздействие электрической нагрузки, особенно при повышенной температуре, вызывает испарение летучих смесей электролита и резко ухудшает температурную и частотную зависимости ёмкости и тангенса угла потерь[16].

1.4.4 Радиационные воздействия.

Развитие атомной энергетики и освоение космоса выдвигает требование по устойчивости комплектующих элементов (в том числе конденсаторов) к воздействию ионизирующих излучений, глубокого вакуума и сверхнизких температур [16]. Воздействие ионизирующих излучений может как непосредственно вызвать изменение электрических и эксплуатационных характеристик конденсаторов, так и способствовать ускоренному старению конструкционных материалов при последующем воздействии других факторов. Характер и скорость изменения параметров зависят от количества, интенсивности и энергии спектра излучения, и в значительной степени зависит от типа и конструкции диэлектрика конденсатора. Процессы, протекающие в конденсаторах в условиях воздействия ионизирующих излучений, коренным образом отличаются от процессов старения в обычных условиях эксплуатации. В результате воздействия ионизирующих излучений в конденсаторах могут возникать явления, приводящие к обратимым или остаточным изменениям их электрических параметров. Изменения обратимые, связанные с процессами ионизации воздуха и осаждения диэлектрических материалов, и сопровождаются сильным снижением сопротивления изоляции основного и утечка тока увеличивается из-за образования на поверхности и внутреннего пространства - свободное распространение. Увеличивается также тангенс угла потерь, особенно на низких частотах. После прекращения облучения сопротивление изоляции в большинстве случаев восстанавливается. Остаточные изменения параметров связаны с устойчивыми нарушениями структуры рабочего диэлектрика, а также защитных и заливочных материалов. При воздействии ионизирующих излучений наиболее сильно изменяются

структура и механические свойства полимерных материалов, применяемых в пленочных и комбинированных конденсаторах. Структурные изменения сопровождаются интенсивным газовыделением. Сравнительно быстрым изменениям подвергаются пропитывающие составы. Поэтому конденсаторы с органическим диэлектриком более чувствительны к воздействиям излучения, чем конденсаторы с неорганическим диэлектриком. Наиболее устойчивы к воздействию ионизирующих излучений керамические конденсаторы. Радиационные нарушения структуры материалов могут приводить и к ухудшению основных эксплуатационных характеристик конденсаторов – срока службы, механической и электрической прочности, влагостойкости [16].

1.4 Конструктивные особенности оксидных конденсаторов

Главным направлением улучшения характеристик оксидных конденсаторов является расширение рабочей полосы частот, снижение сопротивления потерь (ESR) и увеличение тока пульсаций (RCR), применение новых электролитов, диэлектриков.

ESR (от англ. Equivalent Series Resistance) – эквивалентное сопротивление потерь.

RCR (от англ. Ripple Current Ratio) – величина пульсирующего тока, характеристика представляющая величину максимально допустимых переменных токов проходящих через конденсатор без снижения его срока службы.

Т а б л и ц а 1.1 – Сравнение характеристик конденсаторов [16]

Электролитические конденсаторы			
Конструктив	Достоинства	Недостатки	Примечание
Жидкий электролит	Большие емкости, высокое напряжение, умеренно низкое ESR, умеренные RCR.	Большие размеры, жидкий электролит ограничивает величину рабочей температуры.	Низкая стоимость.
Гибридный электролит	Очень низкое ESR, высокие RCR, более высокая рабочая температура в сравнении с жидким электролитом.	Низкое рабочее напряжение и средние размеры.	Низкая стоимость.
Полимерные (твердый электролит)	Очень низко ESR, высокие RCR, хорошо работает на высоких температурах сохраняя параметры.	Низкое напряжение и средние размеры.	Малые размеры, высокая стоимость.
Твердый электролит (чип)	Очень низкое ESR, высокое RCR, небольшой размер.	Низкое рабочее напряжение.	Высокая стоимость.

1.6 Пробник для проверки оксидных конденсаторов

Надежность полупроводниковых приборов в современной аппаратуре возросла настолько, что на первое место по числу дефектов вышли оксидно-электролитические конденсаторы [17]. Связано это с наличием в них электролита. Воздействие повышенной температуры, рассеивание в конденсаторе мощности потерь, разгерметизация в уплотнениях корпуса приводят к пересыханию электролита. Известно что процедура демонтажа конденсаторов весьма трудоемка, более того, при демонтаже может возникнуть опасность перегрева и отслоения фольги печатной платы. Вариант прибора, который позволяет проверять конденсаторы, не выпаивая их из монтажной платы был представлен в [17]. На рисунке 1.7 представлена принципиальная схема этого пробника.

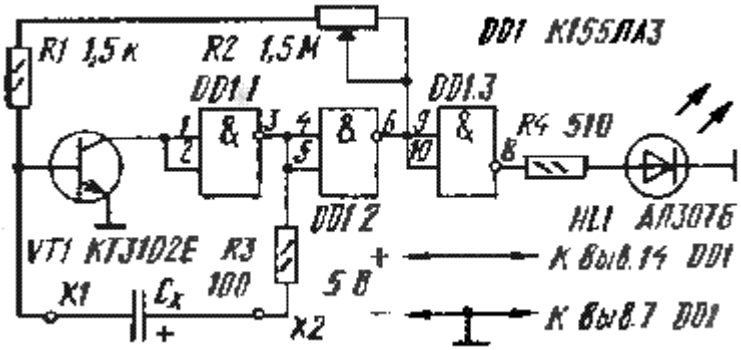

Рисунок 1.7 – Пробник для проверки оксидных конденсаторов

На элементах DD1.1, DD1.2 и транзисторе VT1 собран генератор, частоту которого можно плавно изменять переменным резистором R_2. Активную роль в генераторе выполняет и проверяемый конденсатор, подключаемый к зажимам X_1 и X_2. Если конденсатор исправен, светодиод HL_1 вспыхивает с частотой, устанавливаемой переменным резистором R_2. При неисправном конденсаторе вспышек светодиода не будет [17]. Диапазон проверяемых емкостей: 0,1–1000 мкФ.

2 Расчетная, программная и экспериментальная части

2.1 Расчет составного транзистора

Т а б л и ц а 2.1 – Исходные данные

Исходные данные:	
Напряжение питания ($E_к$), В	5
Сопротивление R_3, Ом	360
Сопротивление R_4, Ом	75

Т а б л и ц а 2.2 – Данные транзистора

Данные транзистора КТ315И:	
Ток коллектора макс. ($I_{ко}$), мА	50
Напряжение коллектор-эмиттер макс. ($U_{кэ}$), мВ	6
Мощность коллектора макс. ($P_{кmax}$), мВт	100
Температура макс. (T_{max}), ºС	120
Коэффициент усиления (β)	30
Граничная частота ($f_{гр}$), Мгц	250
Напряжение насыщения ($U_{кэнас}$), В	0,5
Емкость коллектора ($C_к$), пФ	7

Эквивалентный коэффициент усиления по току составного транзистора рассчитывается по формуле:

$$\beta_{экв} = \beta_1 \cdot \beta_2, \qquad (2.1)$$
$$\beta_{экв} = 900.$$

В составном транзисторе цепь базы второго транзистора питается по постоянной и переменной составляющей эмиттерным током первого транзистора. Поэтому величины коллекторных токов обоих транзисторов взаимосвязаны соотношением:

$$I_{к2} = I_{к1} \cdot \beta_2, \qquad (2.2)$$
$$I_{к2} = 1{,}5 \text{ (А)}.$$

Найдем величину Rэ:

$$R_э = R_3 + R_4, \qquad (2.3)$$
$$R_э = 435 \text{ (Ом)}.$$

Найдем необходимую еличину Rб:

$$R_б = (\beta_{экв} + 1) \cdot R_э, \quad (2.4)$$
$$R_б = 3{,}919 \cdot 10^5 \text{ (Ом)}.$$

Из полученных экспериментальных данных найдем частоту сигнала:
- длительность импульса $\tau = 0.5$ (мс),
- емкость конденсатора C = 10 (мкФ).

$$f = \frac{1}{\tau}, \quad (2.5)$$

$$f = 2 \text{ (кГц)}.$$

Вычислим сопротивление RC цепочки:

$$\tau = R \cdot C, \quad (2.7)$$

из формулы (2.7) выводим

$$R = \frac{\tau}{C}, \quad (2.8)$$

$$R = 50 \text{ (Ом)}.$$

2.2 Расчет переходных процессов при переключении

Т а б л и ц а 2.3 – Исходные данные

Исходные данные:	
Выходное напряжение высокого уровня E_1, В	4,5
Выходное напряжение низкого уровня E_2, В	0,4
Отпирающий сигнал e, В	4,1
Отпирающий сигнал e_0, В	0,2
Сопротивление базы $R_б$, Ом	75
Емкость перехода база – коллектор $C_{бк}$, пФ	7
Емкость перехода база – эмиттер $C_{бэ}$, пФ	40
Паразитная емкость $C_{пар}$, пФ	5
Сопротивление коллектора Rк, кОм	3

Стадия задержки включения.

Длительность стадии задержки включения, определяется нарастанием напряжения на базе от начального значения до порогового напряжения

открывания. Найдем изображение приращения u`$_б$ (p) напряжения на базе, полагая изображение приращения входного сигнала:

$$u`_б(p) = (E_1 + E_2) \cdot \frac{1+p\cdot R_к\cdot(C_{бк}+C_{пар})}{p\cdot(1+a\cdot p+b\cdot p^2)}, \quad (2.9)$$

где:

$$a = R_б \cdot (C_{бэ} + C_{бк}) + R_к \cdot (C_{пар} + C_{бк}),\ a = 4 \cdot 10^{-5};$$

$$b = R_б \cdot R_к \cdot (C_{бэ} \cdot C_{бк} + C_{бэ} \cdot C_{пар} + C_{бк} \cdot C_{пар}),\ b = 1{,}287 \cdot 10^{-13}.$$

За начало отсчета времени принят начальный момент рассматриваемой стадии переходного процесса. Раскладывая характеристический полином на множители, получаем:

$$u`_б(p) = (E_1 + E_2) \cdot \frac{1+p\cdot R_к\cdot(C_{бк}+C_{пар})}{p\cdot(1+p\cdot\theta_1)\cdot(1+p\cdot\theta_2)}, \quad (2.10)$$

где:

$$\theta_{1,2} = 0.5 \cdot a \cdot \left(1 \pm \sqrt{\frac{1-4\cdot b}{a^2}}\right),$$

$$\theta_{1,2} = \pm\, 0{,}5.$$

Оригиналом для (2.10) является функция:

$$u`_б(t) = (E_1 + E_2) \cdot \left[1 - A \cdot e^{\frac{-t}{\theta_1}} - \left(1 - A \cdot e^{\frac{-t}{\theta_2}}\right)\right], \quad (2.12)$$

где:

$$A = \frac{\theta_1 - R_к\cdot(C_{бк}+C_{пар})}{\theta_1-\theta_2},$$

$$A = 0{,}5;$$

$$u`_б(t) = 3.457\ (мкВ).$$

Время задержки включения рассчитаем по формуле:

$$\tau_{зд.ф} = \frac{\lambda\cdot\theta_1-\theta_2}{2\cdot A} + \sqrt{\frac{(\lambda\cdot\theta_1-\theta_2)^2}{4\cdot A^2} + \frac{\lambda\cdot\theta_1\cdot\theta_2}{A}}, \quad (2.14)$$

где:

$$\lambda = \frac{E_1+e_0}{E_1+E_2},$$

получаем:

$$\tau_{зд.ф} = 1{,}065 \text{ (мкс)}.$$

Стадия формирования фронта включения (интервал включения t_2-t_1). Используя уравнения Кирхгофа и учитывая функцию β(p), получаем следующее изображение переменной составляющей $u`_к(p)$:

$$u`_к(p) = -\frac{\beta \cdot R_к \cdot I_{б1}}{p\cdot(1+A\cdot p+B\cdot p^2)} = -\frac{\beta \cdot R_к \cdot I_{б1}}{p\cdot(1+p\cdot\theta_1)\cdot(1+p\cdot\theta_2)}, \quad (2.14)$$

где:

$$A = \tau_\beta + R_к \cdot \left[C_{пар} + (1+\beta)\cdot C_{бк}\right],$$

$$B = \tau_\beta + R_к \cdot \left[C_{пар} \cdot C_{бк}\right].$$

Постоянные времени θ_1 и θ_2 будут определяться корнями p_1 и p_2 характеристического полинома:

$$p_{1,2} = -0.5 \cdot \frac{A}{B} \cdot \left(1 \pm \sqrt{\frac{1-4\cdot B}{A^2}}\right), \quad (2.14)$$

следовательно,

$$\theta_{1,2} = -\frac{1}{p_{1,2}}, \quad (2.15)$$

$$\theta_1 = 0{,}5;$$
$$\theta_2 = -\ 0{,}5.$$

Для дрейфовых транзисторов обычно τ_β << $R_к(C_{пар}+(1+\beta)C_{БК,}$ поэтому $4B<<A^2$. При этом, раскладывая радикал в степенной ряд и оставляя линейный член разложения, получаем:

$$p_1 \approx -\frac{1}{A}, \quad (2.16)$$

$$p_2 \approx -\left(\frac{B}{A}\right)^{-1}, \quad (2.17)$$

Поскольку $\theta_1 > \theta_2$, член $\frac{1}{1+p\cdot\theta_2}$ в (2.13) можно заменить экспоненциальной функцией $e^{-p\theta 2}$, приближенно трактуя постоянную времени θ_2 как задержку $\tau_{зд.ф}$ экспоненциального члена с постоянной времени $\theta_1 = \tau_\beta$:

$$u`_к(t) \approx \beta \cdot R_к \cdot I_{б1} \cdot \left(1 - e^{\frac{-t-\tau_{зд.ф}}{\tau_\beta}}\right), \qquad (2.18)$$

Интервал включения $\tau_{вкл}$ с учетом (2.18) определяется из условия $E_к + u_к(\tau_{вкл}) \approx 0$:

$$\tau_{вкл} \approx \tau_{зд.ф} + \tau_ф \cdot ln\left(\frac{1-E_к}{\beta \cdot R_к \cdot I_{б1}}\right) = \frac{\tau_\beta}{k_{нас}}, \qquad (2.15)$$

Интервал включения равен 1,875 (мкс).

Стадия накопления избыточного заряда ($\tau_{нак}$).

При ступенчатом уменьшении коллекторного тока в момент t_2 происходит образование ступени избыточного заряда $Q_{изб}(t_2)$ за счет соответствующего уменьшения граничного заряда $Q_{гр}$ в соответствии с соотношением:

$$Q_{изб}(t_2 - 0) = Q(t_2) - Q_{гр}(t_2 - 0), \qquad (2.16)$$

где

$$Q(t_2) = i_к(t_2 - 0) \cdot \frac{\tau_\beta}{\beta},$$

$$Q_{гр}(t_2 - 0) = \frac{I_{кнас} \cdot \tau_\beta}{\beta},$$

$$Q_{изб}(t) = Q_{изб.уст} - \left[Q_{изб.уст} - Q_{изб}(t_2 - 0) \cdot e^{-\frac{t-t_2}{\tau_{нас}}}\right], \qquad (2.17)$$

где установившееся значение избыточного заряда $Q_{изб.уст}$ определяется равенством:

$$Q_{изб.уст} = \tau_{нас} \cdot \sqrt{I_{б1} - I_{бнас}}. \qquad (2.18)$$

Полагая, что стадия накопления практически заканчивается при $Q_{изб} = Q_{изб.уст}$, получаем $\tau_{нак} \approx 2{,}3\tau_{нас} - \tau_{зд.ф} \approx 2{,}3\ \tau_{нас}$.

Длительность накопления равна 3.734 (мкс).

2.2 Программная часть

Программная часть выполнена в Pascal ABCNET. Скриншот программы представлен на рисунке 2.1.

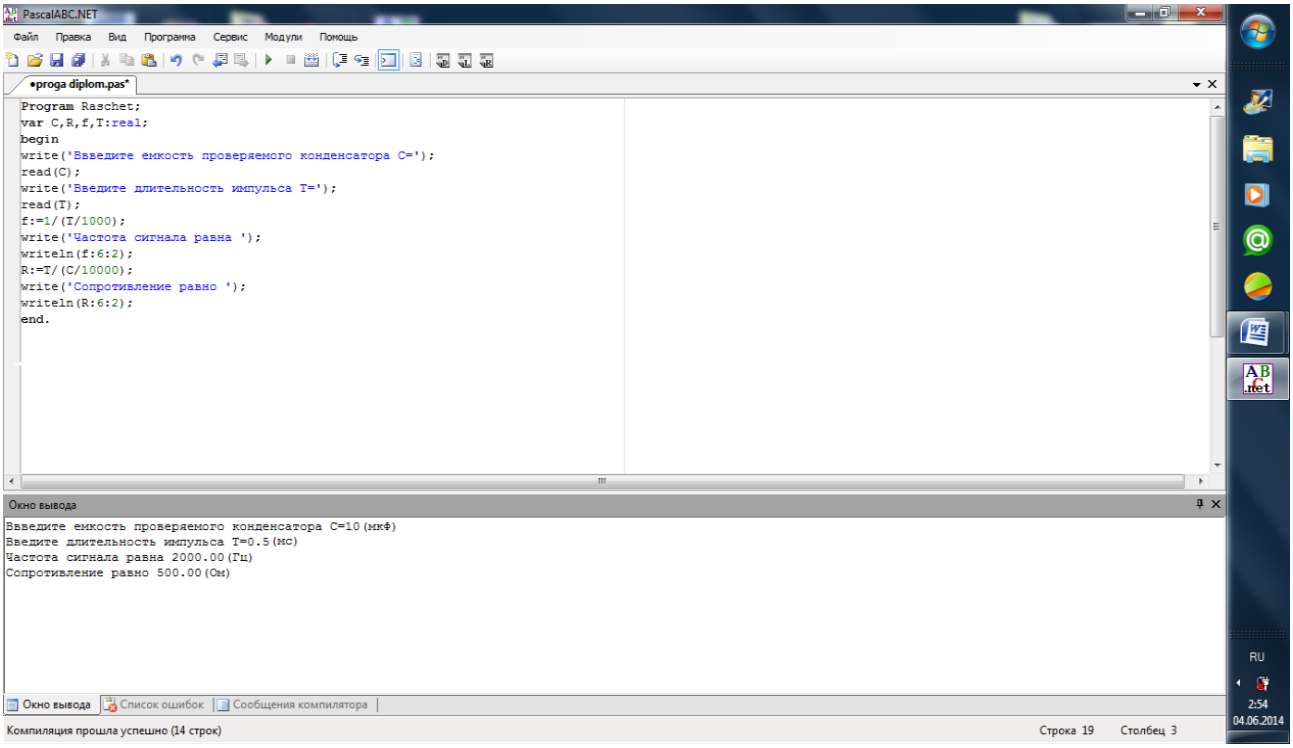

Рисунок 2.1 – Скриншот программы

Задав емкость проверяемого конденсатора и длительность импульса, рассчитывается частота сигнала и сопротивление резистора. В основе программного расчета заложена формула 2.19.

$$f = \frac{1}{R \cdot C}, \tag{2.19}$$

2.3 Экспериментальная часть

Для эксперимента нам понадобился осциллограф, блок питания и электролитические конденсаторы. С помощью блока питания подавалось напряжение 5 В, а с помощью осциллографа измерялась частота сигнала. Эксперимент был проведен для нескольких номиналов электролитических конденсаторов. На рисунке 1 представлена экспериментальная установка, на которой были проведены измерения.

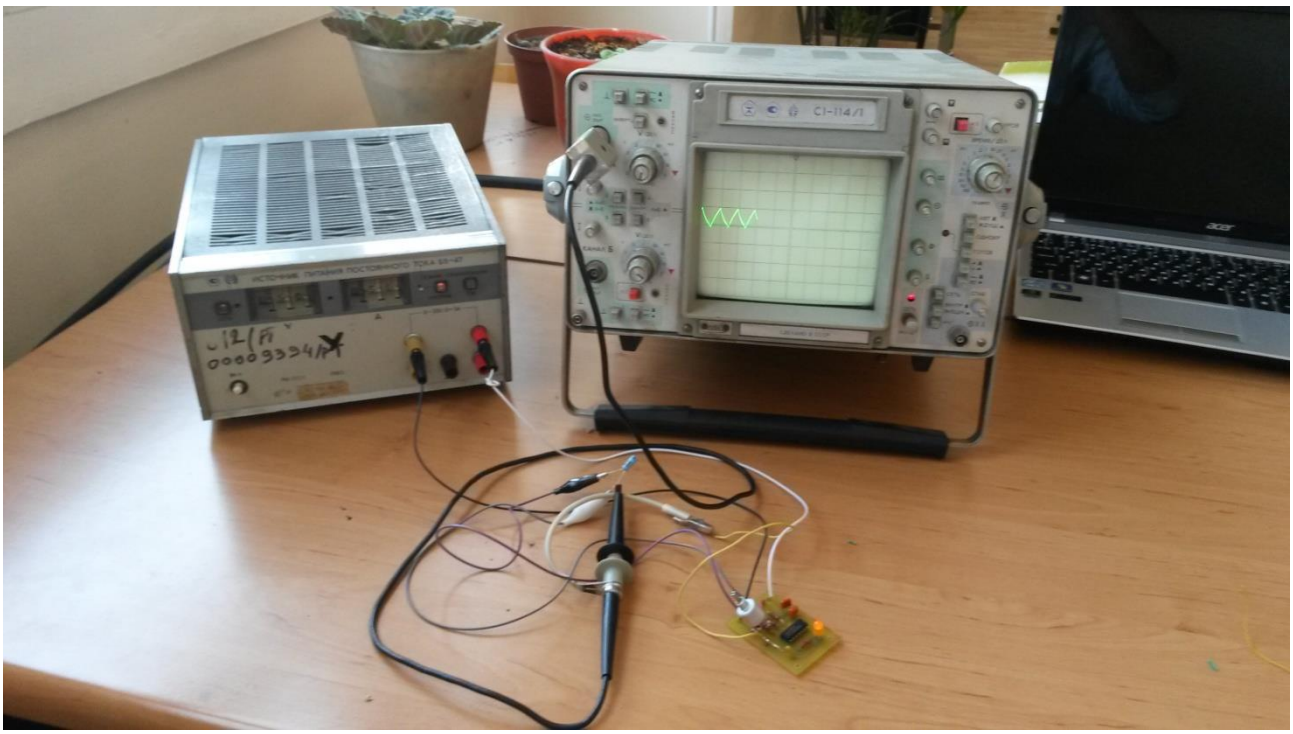

Рисунок 2.2 – Экспериментальная установка

На рисунке 2.3 представлена блок – схема эксперимента.

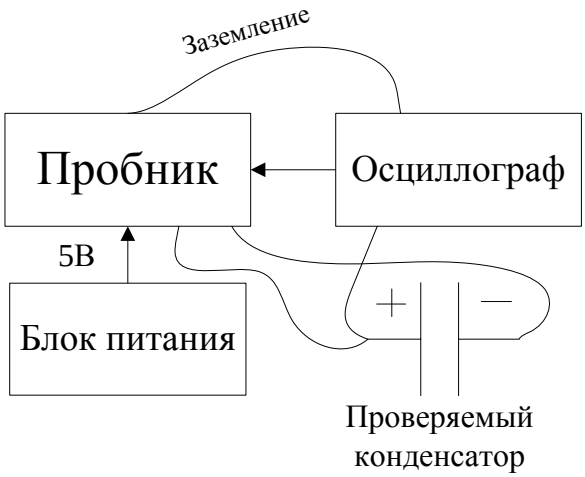

Рисунок 2.3 – Блок – схема эксперимента

Первый эксперимент проводился на конденсаторе емкостью 10 мкФ и рабочим напряжением 25 В. На рисунке 2.4 представлена осциллограмма, с помощью которой была определена частота. Частота сигнала при емкости 10 мкФ – 2 кГц, период Т = 0.5 мс.

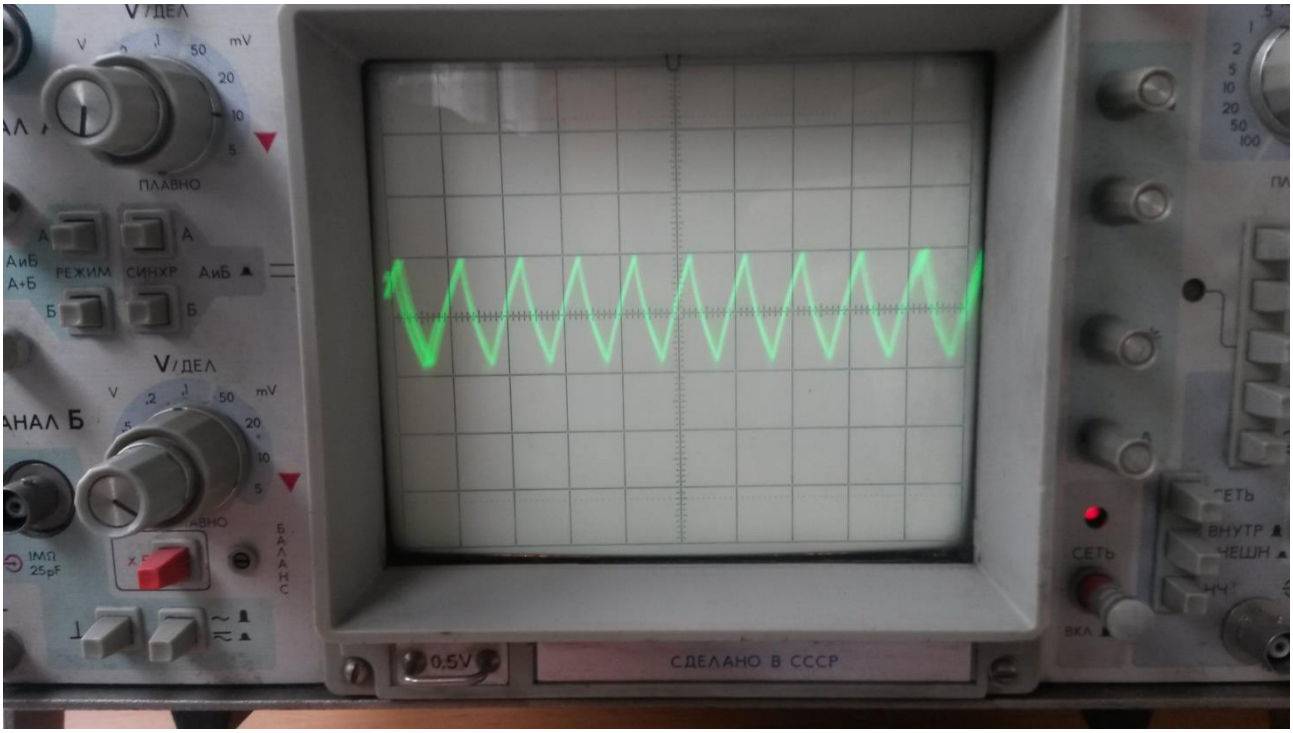

Рисунок 2.4 – Осциллограмма при емкости 10 мкФ

Второй конденсатор номиналом 22 мкФ и рабочим напряжением 16 В. На рисунке 2.5 представлена его осциллограмма. Частота – 222 Гц, Т = 4,5 мс.

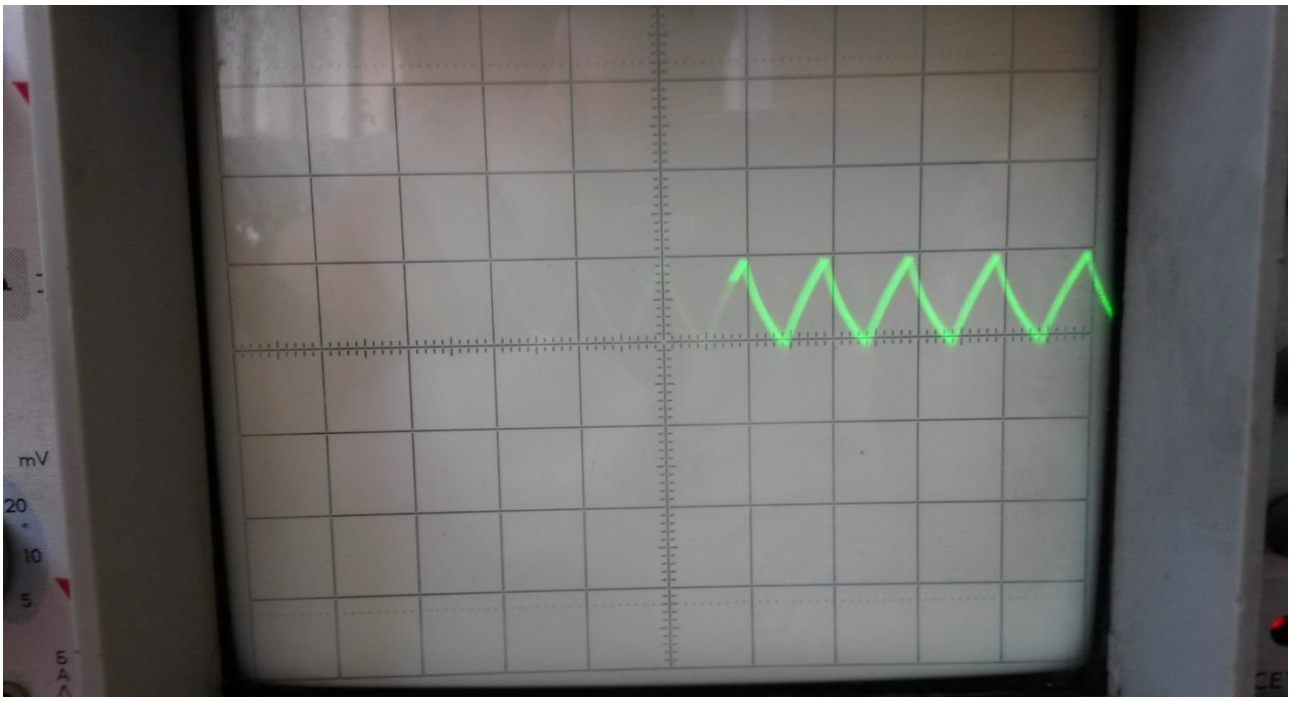

Рисунок 2.5 – Осциллограмма при емкости 22 мкФ

Следующий конденсатор номиналом 33 мкФ и рабочим напряжением 16 В. На рисунке 2.6 представлена его осциллограмма. Частота – 154 Гц, период Т = 6,5 мс.

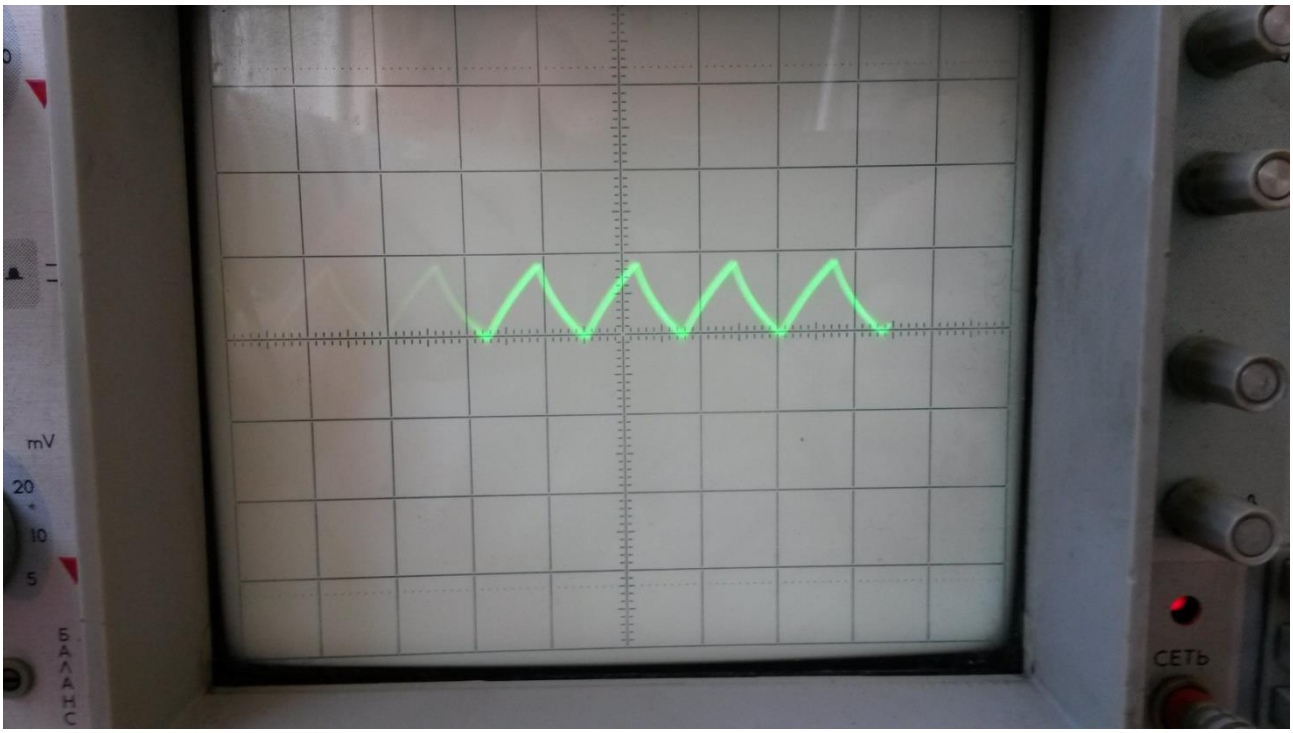

Рисунок 2.6 – Осциллограмма при емкости 33 мкФ

Конденсатор емкостью 47 мкФ, рабочее напряжение 35 В. На рисунке 2.7 представлена его осциллограмма. Частота составила – 105 Гц, Т = 9,5 мс.

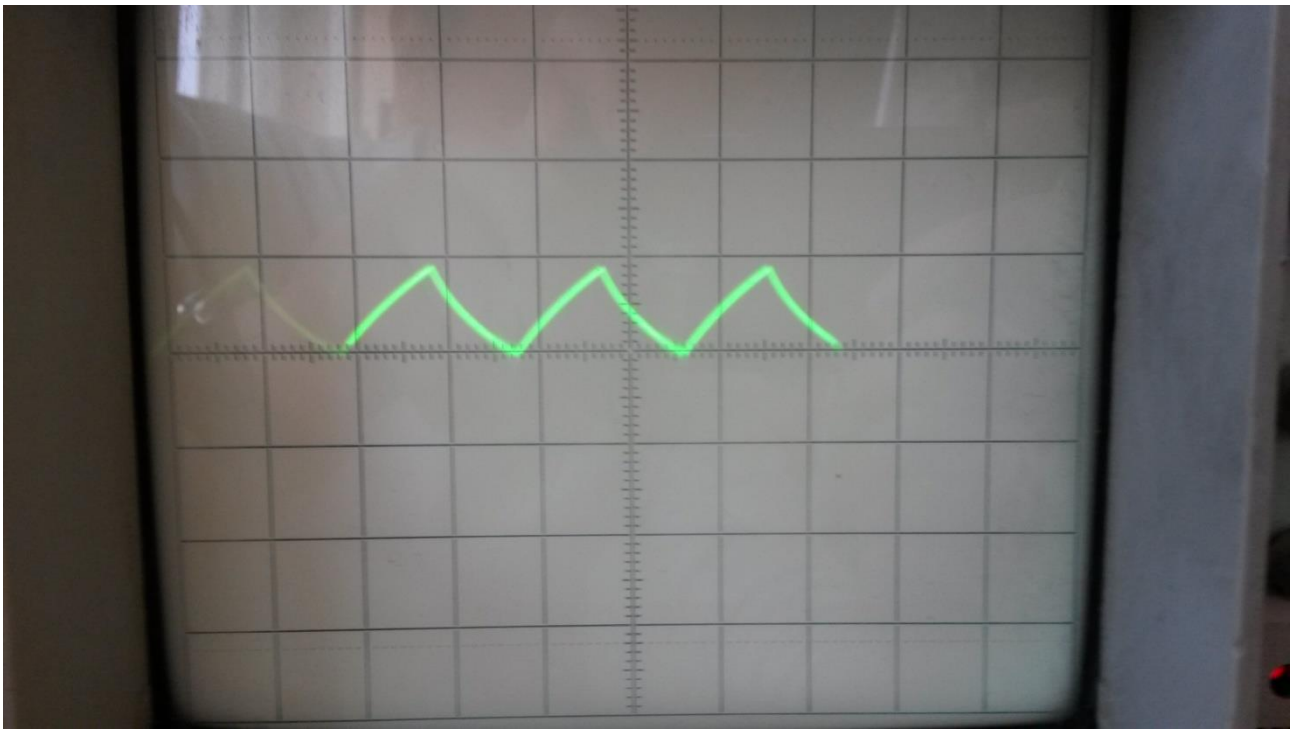

Рисунок 2.7 – Осциллограмма при емкости 47 мкФ

Полученные данные были сведены в таблицу 1.

Т а б л и ц а 1 – Изменение частоты при увеличении емкости

Емкость	10 мкФ	22 мкФ	33 мкФ	47 мкФ
Частота	2000 Гц	222 Гц	154 Гц	105 Гц

На рисунке 2.8 представлен график зависимости частоты от емкости конденсатора.

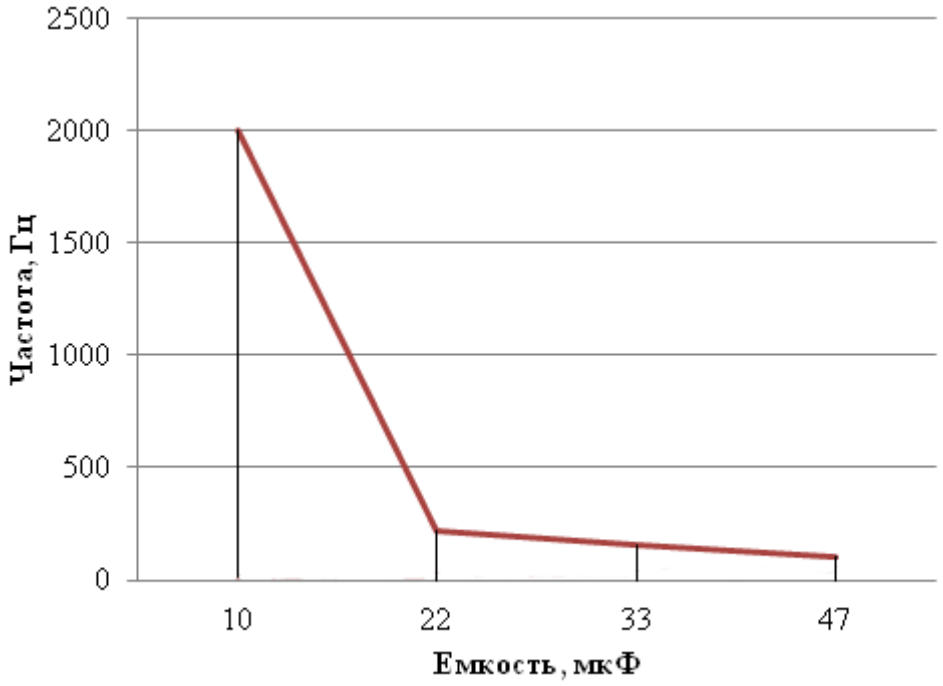

Рисунок 2.8 – Зависимость частоты от емкости

Из полученного графика видно, что с увеличением емкости частота уменьшается. Эксперимент проведен для небольшого ряда номиналов оксидных конденсаторов.

3 Безопасность жизнедеятельности

3.1 Характеристика выполняемой работы

Темой моей выпускной работы является модернизация пробника для проверки оксидных конденсаторов. Пробники находят применение в различных областях радиотехники и электроники.

Изготовление пробника включает в себя следующие этапы:

а) паяние деталей на плату,

б) конструирование и сборка прибора,

в) проведение эксперимента.

Плата представляет собой прямоугольную медную пластинку (55 см × 40 см). Предварительно очищается растворителем. В качестве растворителя применяется ацетон. Затем когда плата готова, начинается пайка деталей.

При пайке были использованы сплав олова и канифоль.

Пайка осуществляется при помощи паяльника. При работе с паяльником следует строго соблюдать правила защиты от поражения электрическим током. При производстве припоев и флюсов путем сплавления их компонентов основными факторами, вызывающими вредное воздействие на организм человека, являются высокая температура расплавов, а также выделения вредных паров, газов и пыли [18]. Из металлов, входящих в состав припоев, наиболее вредное воздействие на организм человека оказывают литий, калий, натрий, кадмий, бериллий, свинец, марганец и цинк. Соединения кадмия, независимо от их состояния (пыль, дым, пары, туман) и путей поступления в организм человека (органы дыхания, желудочно-кишечный тракт), токсичны. Они вызывают острое отравление, поражают дыхательные пути и нервную систему. Профилактические мероприятия, предупреждающие поступление соединений кадмия в рабочую зону, - это герметизация оборудования, устройство общеобменной вентиляции в помещениях, где производят операции, связанные с выделением содержащих кадмий паров, дыма, пыли, а также средства индивидуальной защиты: спецодежда, спецобувь, резиновые перчатки, фартуки, респираторы типа «Лепесток» и промышленные противогазы с фильтрами, задерживающими дым [18].

Особо вредное воздействие на организм человека оказывает бериллий. Проникая через дыхательные пути и поры кожного покрова, бериллий вызывает отравление. Ртуть попадает в производственные помещения в виде паров, которые почти в 7 раз тяжелее воздуха. Пары ртути, не имеющие запаха и цвета и не оказывающие раздражающего воздействия на человека, скапливаются внизу помещения. В рабочих помещениях должен быть установлен постоянный контроль за наличием в воздухе паров ртути с помощью индикаторной бумаги, на которую наносят слой пасты и осадка,

полученного при смешении растворов йодида калия и сульфида меди с этиловым спиртом [18]. В присутствии ртутных паров бумага розовеет.

В таблице 3.1 приведена токсичность компонентов флюсов.

Т а б л и ц а 3.1 – Токсичность компонентов флюсов [18]

Компоненты флюсов	Класс опасности	ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м^3
Этиловый спирт	4	1000
Этилацетат	4	200
Трибутилфосфат	2	0,5
Триэтаноламин	3	5
Солянокислый диэтиламин	4	30
Солянокислый гидразин	1	0,1
Ортофосфорная кислота	-	1
Борный ангидрид	3	5
Полиэфирная смола	3	5

Таким образом, для изготовления данного пробника нам нужно помещение с хорошим воздухопроводом и правильным вентилятором.

Норма по микроклимату: зимой температура в помещении 22 $^{\circ}$C, а летом — 24 $^{\circ}$C.

3.2 Расчет вентиляции

Расчет количества приточного воздуха, необходимого для общеобменной вентиляции выполняется из условия выделения в производственном помещении вредных веществ и избытков явного тепла [19].

Исходные данные для расчета представлены в таблице 3.2

Т а б л и ц а 3.2 – Исходные данные

Город: Алматы	
Параметры помещения (Д х Ш х В), м	4 × 3,5 × 3,2
Данные по оборудованию:	
Количество, шт	11
мощность $P_{об}$, кВт/ч	1,8
КПД η	0,95
Число сотрудников, из них:	
мужчины	2
женщины	0
Окна:	
Количество	3/3
Площадь 1 окна, $м^2$	1,5
Расположение	З/В
Расчетное время суток, ч	11-12
Температура в помещении, ^{0}С:	
Летом	26
Зимой	19
Вид положения работы	сидя

Расчет тепловых нагрузок в помещении.

В помещениях различного назначения действуют в основном тепловые нагрузки, возникающие снаружи помещения (наружные); а также тепловые нагрузки, возникающие внутри зданий (внутренние) [19].

Наружные тепловые нагрузки представлены следующими составляющими [20]:

– теплопоступления или теплопотери в результате разности температур снаружи и внутри здания через стены, потолки, полы, окна и двери.

– разность температур снаружи здания и внутри него летом является положительной, в результате чего имеет место приток тепла снаружи во внутрь помещения; и наоборот – зимой эта разность отрицательна и направление потока тепла меняется;

– теплопоступления от солнечного излучения через застекленные площади; данная нагрузка проявляется в форме ощущаемого тепла;

– теплопоступления от инфильтрации.

В зависимости от времени года и времени суток наружные тепловые нагрузки могут быть положительными.

Теплопоступления и теплопотери в результате разности температур определяются по формуле (3.1):

$$Q_{огр} = V_{пом} \cdot X_o \cdot (t_{Нрасч} - t_{Врасч}), \quad Вт \qquad (3.1)$$

где $V_{пом}$ – объем помещения, м^3:

$$V_{пом} = 4 \cdot 3{,}5 \cdot 3{,}2 = 44{,}8 \quad м^3;$$

где X_o – удельная тепловая характеристика, Вт/м^3 ^{0}С:

$$X_o = 0{,}42 \quad Вт / м^3\,^0C;$$

где $t_{Нрасч}$ – наружная температура (параметр А). Для холодного периода – средняя температура самого холодного месяца в 13 часов, для теплого периода – средней температуре самого жаркого месяца в 13 часов.

$t_{Врасч}$ – внутренняя температура, выбирается с учетом комфортных условий или технологических требований, предъявляемых к производственным процессам.

Для теплого времени года:

$$t_{Нрасч} = 29{,}4\ ^0C,$$

$$t_{Врасч} = 26\ ^0C,$$

$$Q_{огр} = 44{,}8 \cdot 0.42 \cdot 3{,}4 = 64 \quad Вт.$$

Для холодного времени года:

$$t_{Нрасч} = -9\ ^0C,$$

$$t_{Врасч} = 19\ ^0C,$$

$$Q_{огр} = 44{,}8 \cdot 0{,}42 \cdot (-28) = -527 \quad Вт.$$

Избыточная теплота солнечного излучения в зависимости от типа стекла почти до 90 % поглощается средой помещения, остальная часть отражается [20]. Максимальная тепловая нагрузка достигается при максимальном уровне излучения, которое имеет прямую и рассеянную

составляющие. Интенсивность излучения зависит от ширины местности, времени года и времени суток.

Теплопоступление от солнечного излучения через остекление определяется по формуле (3.2) [20]:

$$Q_p = (q^I F_0^I + q^{II} F_0^{II}) \cdot \beta_{с.з.}, \qquad (3.2)$$

где q^I, q^{II} – тепловые потоки от прямой и рассеянной солнечной радиации, Вт/м^2;

F^I_o, F^{II}_o – площади светового проема, облучаемые и необлучаемые прямой солнечной радиацией, м^3;

$\beta_{с.з.}$ – коэффициент теплопропускания. По таблице 4 [20]:

$$\beta_{с.з.} = 0{,}15.$$

При отсутствии наружных затеняющих козырьков, ребер и т. д. для периода облучения остекления солнцем, когда его лучи проникают через окно в помещение $F^I_o = F_o$; $F^{II}_o = 0$, (3) [20]:

$$Q_p = q^I F_0 \cdot \beta_{с.з.} = (q_{вп} + q_{вр}) \cdot K_1^c \cdot K_2 \cdot \beta_{с.з.} \cdot n \cdot S_o, \quad Вт \qquad (3.3)$$

где $q_{вп}$; $q_{вр}$ – тепловые потоки от прямой рассеянной радиации, Вт/м^2.

По таблице 5 [14] для широты в 44^0 СШ до полудня в 11-12 ч. при расположении З:

$$q_{вп} = 73 \text{ Вт/м}^2;\ q_{вр} = 77 \text{ Вт/м}^2;$$

где:

$F_o = nS_o = 3 \cdot 1{,}5 = 4{,}5$ м^2 – площадь светового проема (n – число окон; S_o – площадь 1 окна);

K_1 – коэффициент затемнения остекления переплетами (K^C_1 – для облученных проемов).

По таблице 6 [20]:

$$K^C_1 = 0{,}72;$$

где K_2 – коэффициент загрязнения остекления.

По таблице 7 [20]:

$$K_2 = 0{,}9.$$

Тогда:

$$Q_p = (73 + 77) \cdot 0{,}72 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}15 \cdot 4{,}5 = 65{,}61 \quad Вт.$$

По таблице 5 [20] для широты в 44^0СШ до полудня в 11-12 ч. при расположении В:

$$q_{вп} = 214 \text{ Вт/м}^2;\ q_{вр} = 79 \text{ Вт/м}^2;$$

где $F_o = nS_o = 3 \cdot 1{,}5 = 4{,}5$ м^2 – площадь светового проема (n – число окон; S_o – площадь 1 окна);

Тогда:

$$Q_p = (214 + 79) \cdot 0{,}72 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}15 \cdot 4{,}5 = 128{,}2 \quad Вт.$$

Тогда общее теплопоступление солнечного излучения с обеих окон равно:

$$Q_p = 128{,}2 + 65{,}6 = 193{,}8\ Вт.$$

3.3 Внутренние тепловые нагрузки

Внутренние нагрузки в жилых, офисных или относящихся к сфере обслуживания помещениях слагаются в основном из тепла:

– выделяемого людьми;

– выделяемого лампами и осветительными, электробытовыми приборами;

– выделяемого компьютерами, печатающими устройствами фотокопировальными машинами.

В производственных и технологических помещениях различного назначения дополнительными источниками тепловыделений могут быть: нагретое производственное оборудование, горячие материалы, в том числе жидкости и различного рода полуфабрикаты, продукты сгорания и химических реакций.

Теплопоступления от людей зависит от интенсивности выполняемой работы и параметров окружающего воздуха. Тепло, выделяемое человеком, складывается из ощутимого (явного), то есть передаваемого в воздух помещения путем конвекции и лучеиспусканий, и скрытого тепла, затрачиваемого на испарение влаги с поверхности кожи и из легких.

По таблице 8 [20] летом при 26 ^{0}С один мужчина выделяет явного тепла 61 Вт, а общего – 102 Вт. Женщина выделяет 85 % от нормы тепловыделений взрослого мужчины. Тогда выделение явного тепла в помещении составит:

$$Q_л^я = 61 \cdot 7 + 61 \cdot 5 \cdot 0{,}85 = 686{,}25 \quad Вт,$$

А выделение общего тепла:

$$Q_л^о = 102 \cdot 7 + 102 \cdot 5 \cdot 0{,}85 = 1147{,}5 \quad Вт.$$

По таблице 8 [20] зимой при 20 ^{0}С один мужчина выделяет явного тепла 82 Вт, а общего – 103 Вт. Женщина выделяет 85 % от нормы тепловыделений взрослого мужчины. Тогда выделение явного тепла в помещении составит:

$$Q_л^я = 82 \cdot 7 + 82 \cdot 5 \cdot 0{,}85 = 922{,}5 \quad Вт.$$

А выделение общего тепла:

$$Q_л^о = 103 \cdot 7 + 103 \cdot 5 \cdot 0{,}85 = 1158{,}75 \quad Вт.$$

Теплопоступление от осветительных приборов, оргтехники и оборудования рассчитывается следующим образом. Теплопоступление от ламп определяется по формуле (3.4) [20]:

$$Q_{осв} = \eta \cdot N_{осв} \cdot F_{пол}, \quad Вт \tag{3.4}$$

где η – коэффициент перехода электрической энергии в тепловую (для люминесцентных ламп η=0,5-0,6);

$N_{осв}$ – установленная мощность ламп (N=75 Вт/м^2);

$F_{пол}$ – площадь пола.

$$F_{пол} = 4 \cdot 3{,}5 = 14, \quad м^2.$$

Тогда:

$$Q_{осв} = 0{,}5 \cdot 75 \cdot 14 = 525 \quad Вт.$$

Тепло, выделяемое производственным оборудованием, определяется по формуле (6) [20]:

$$Q_{об} = N_{уст} \cdot K, \tag{3.5}$$

$$Q_{об} = 1{,}8 \cdot 11 \cdot 0{,}95 = 18{,}81 \quad кВт.$$

Теплопритоки, возникающие за счет находящейся оргтехники, - это 30 % мощности оборудования:

$$Q_{орг} = 1{,}8 \cdot 11 \cdot 0{,}3 = 5{,}94 \quad кВт.$$

3.4 Расчет теплового баланса помещения

На основании выполненных расчетов составим баланс теплопоступлений в помещении:

Лето:

$$Q_{изб} = 193{,}8 + 686{,}25 + 525 + 18810 + 5940 + 56 = 26211 Дж;$$

Зима:

$$Q_{изб} = 193{,}8 + 922{,}5 + 525 + 18810 + 5940 - 461 = 25930{,}3 Дж.$$

Так как тепловой баланс для лета больше зимнего теплового баланса, то рассчитаем теплонапряженность воздуха по формуле:

$$Q_{н} = \frac{Q_{изб.лето} \cdot 860}{V_{пом}}, \quad (3.6)$$

$$Q_{н} = 503 \text{ ккал/м}^3.$$

При $Q_{н}$>20 ккал/м^3, Δt=8 °С.

Определение количества воздуха, необходимое для поступления в помещение:

$$L = \frac{Q_{изб} \cdot 860}{C \cdot \Delta t \cdot \gamma}, \quad (3.7)$$

$$L = 9735 \text{ м}^3/\text{час}.$$

где:

С=0,24 ккал/(кг°С) – теплоемкость воздуха,

γ=1,206 кг/м^3 – удельная масса приточного воздуха.

Определение кратности воздухообмена:

$$n = \frac{L}{V_{пом}},$$

$$n = \frac{9735}{44{,}8} = 217{,}3 \text{ час}^{-1}.$$

3.5 Расчет вентиляции от вредных веществ

Расчет воздухообмена из условия выделения вредных веществ:

$$L_в = \frac{G_{вр}}{q_{ПДК} - q_П}, \qquad (3.6)$$

где:

$L_в$ - количество приточного или удаляемого воздуха в зависимости от принятой схемы механической вентиляции, *м*^{3}/*ч*,

$G_{вр}$ - количество вредных веществ, выделяемых в производственном помещении, *мг/ч*;

$q_{ПДК}$ - предельно допустимая концентрация вредных веществ в помещении, *мг/м*^{3};

$q_П$- концентрация вредных веществ в наружном воздухе, подаваемом в помещение, *мг/м*^{3}.

Пайка осуществлялась свинцово-оловянным припоем ПОС - 60, который содержит 40 % свинца и 60 % олова. Наиболее ядовиты аэрозоли (пары) свинца.

В процессе пайки из припоя испаряется до В = 0,1 % свинца, а на 1 пайку расходуется 10 мг припоя. При числе паек - N, количество выделяемых паров свинца определяется как:

$$G = c \cdot B \cdot N, \qquad (3.7)$$

По (3.7) определяем количество аэрозолей свинца, выделяемых в воздух:

$$G = 0{,}6 \cdot 0{,}001 \cdot 10 \cdot 60 \cdot 2 = 0{,}72 \text{ мг/ч.}$$

Определяем потребный воздухообмен:

- для свинца и его соединений находим из таблиц 1 и 2 [20]:

$$q_{ПДК} = 0{,}01 \text{ мг/м}^3;$$

$$q_П = 0{,}001 \text{ мг/м}^3.$$

По (3.6) определяем требуемый воздухообмен:

$$L = 0{,}72 / (0{,}01 - 0{,}001) = 80 \text{ м}^3\text{/час.}$$

Исходя из полученных данных, выберем кондиционер сплит-системы настенного типа.

Во внешнем блоке находятся компрессор, конденсатор и вентилятор. Внешний блок можно установить на стене здания, на крыше или на чердаке, в подсобном помещении или на балконе, то есть в таком месте, где горячий конденсатор может продуваться атмосферным воздухом более низкой температуры.

Внутренний блок устанавливается непосредственно в кондиционируемом помещении и предназначен для охлаждения или нагревания воздуха, фильтрации его и создания необходимой подвижности воздуха в помещении. Внутренние блоки поддерживают заданную температуру, обеспечивают равномерное распределение воздуха в помещении и работают практически бесшумно (уровень шума 35 - 38 дБ).

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

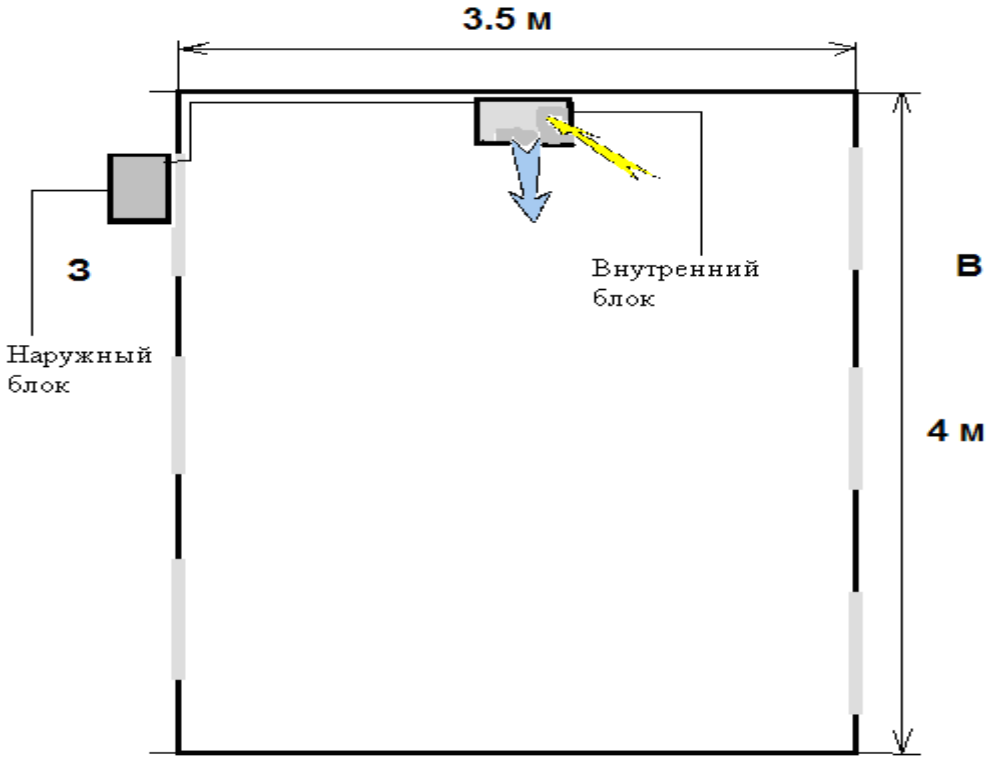

Рисунок 3.1 – Схема установки кондиционера в производственном помещении

3.6 Расчет естественного освещения

Работы проводились при естественном освещении. Естественное освещение по своему спектральному составу является наиболее благоприятным. В моем случае освещение является боковым. При нем нормируется минимальное значение (l_{min}).

Нормированные значения КЕО приводятся для III пояса светового климата СССР, для остальных поясов (I, II, IV, V)светового климата СССР нормированные значения КЕО определяют по формуле:

$$e_н^{I,II,IV,V} = e_н^{III} \cdot m \cdot c, \quad (3.8)$$

где:

$e_н^{III}$- значение КЕО для III пояса;

m – коэффициент светового климата;

c – коэффициент солнечного климата.

Район Алматы относится к V поясу и m=0,9, а c=0,75.

Расчет естественного освещения заключается в определении площади световых проемов. При боковом освещении определяют площадь световых проемов (окон) S_0, обеспечивающую нормированные значения КЕО, по формуле:

$$100 \cdot \frac{S_0}{S_n} = \frac{e_н \cdot \eta_0}{\tau_0 \cdot \gamma_1} \cdot K_{зд} \cdot K_з, \quad (3.9)$$

где:

S_n– площадь пола помещения, м^2;

e_n – нормированное значение КЕО;

$K_з$ – коэффициент запаса;

τ_0 – общий коэффициент светопропускания;

η_0 – световая характеристика окон;

γ_1 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию;

$K_{зд}$– коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями.

Таким образом, конечная формула будет иметь вид:

$$S_0 = \frac{S_n \cdot e_н \cdot \eta_0 \cdot K_{зд} \cdot K_з}{100 \cdot \tau_0 \cdot \gamma_1}, \quad (3.9)$$

Определим значения всех составляющих, пользуясь таблицами 1.1 – 1.9 [21].

$$S_n = 4 \cdot 3{,}5 = 14 \text{ м}^2,$$

$$e_н^{IV} = e_н^{III} \cdot m \cdot c,$$

где m=0,9; c=0,75; (таблица 1.1 [21]),

$e_н^{III}$= 2 (для работ высокой точности III разряда, таблица 1.2 [14]):

$$e_н^{IV} = 2 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}75 = 1{,}35.$$

Определим η_0 из таблицы 1.3 [14]. Отношение длины к глубине (т.е. наиболее наиболее удаленной точки от окна) = 4/3,2 = 1,25. Отношение b/h_1=3,2/1,55=1,8.

Отсюда η_0 = 10,5.

В качестве светопропускающего материала используем пустотелые стеклянные двойные открывающиеся блоки. Из таблицы 1.5 [21] принимаем значения:

$$\tau_1 = 0{,}5;\ \tau_2 = 0{,}6;\ \tau_3 = 0{,}8;$$

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 = 0{,}5 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}8 = 0{,}24.$$

Средний коэффициент отражения в помещении $\rho_{ср}$=0,5, принимаем двустороннее боковое освещение.

Определяем значение γ_1 из таблицы 1.6 [21]:

$$b/h_1 = 1{,}8;\ l/b = 1{,}5.$$

Принимаем γ_1=2,4.

Рядом стоящее здание находится на расстоянии ρ=12 м.

$$H_{зд} = 5;\ \rho/H = 12/5 = 2{,}4.$$

Из таблицы 1.7 определяем $K_{зд}$=1,1.

Коэффициент запаса принимаем из таблицы 1.10 $K_з$=1,3.

$$S_0 = \frac{14 \cdot 1{,}35 \cdot 10{,}5 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}3}{100 \cdot 0{,}24 \cdot 2{,}4} = 4{,}9 \text{ м}^2.$$

Так как предусматривали двустороннее боковое освещение, то площадь световых проемов на одной стороне будет 4,9/2 = 2,45 м^2.

4 Технико – экономическое обоснование

Темой моей выпускной работы является модернизация пробника для проверки оксидных конденсаторов. Такие пробники находят применение в различных областях радиотехники и электроники.

Цели и задачи: Целью экономической части выпускной работы является расчет себестоимости пробника для проверки оксидных конденсаторов, а также сравнение предлагаемой разработки с другими существующими вариантами.

4.1 Сравнительная характеристика разработанного пробника с его аналогом

Улучшенный мною пробник в отличие от своего аналога, имеет более расширенный диапазон измерений, что позволит проверять конденсаторы номиналом до 10000 микрофарад. Его положительной стороной можно отметить, его простоту производства.

Проведем сравнение с пробником А. Пухличенко. На рисунке 4.1 представлена его схема. Этот пробник явился первым в своем роде, способный без демонтажа проверять оксидные конденсаторы. Его творение было гениально в своей простоте, на элементах DD1.1, DD1.2 и транзисторе VT1 был собран генератор, частоту которого можно было плавно изменять переменным резистором R_2. Активную роль в генераторе выполнял и проверяемый конденсатор, подключаемый к зажимам X_1 и X_2. Если конденсатор был исправен, то светодиод HL_1 вспыхивал с частотой, устанавливаемой переменным резистором R_2. При неисправном конденсаторе вспышек светодиода не было. Диапазон проверяемых емкостей составлял – 0,1 … 1000 микрофарад.

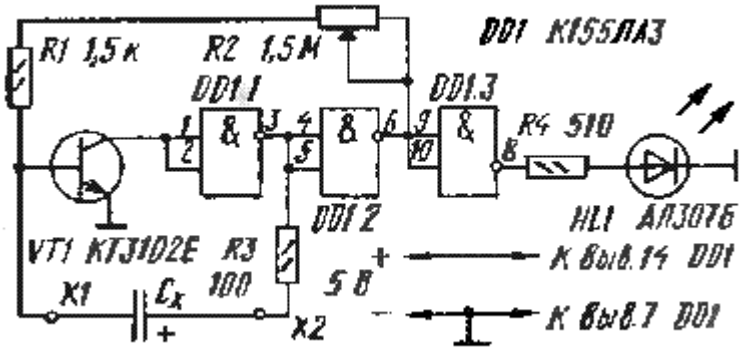

Рисунок 4.1 – Схема пробника А. Пухличенко

4.2 Расчет материальных затрат на разработку

Составим таблицу 4.1, в которую будут внесены цены составляющих элементов моего пробника.

Т а б л и ц а 4.1 – Расходы на материалы разрабатываемого пробника

Наименование материала	Марка	Количество	Цена за единицу в тенге	Сумма в тенге
Плата	-	1	500	500
конденсатор	-	1	50	50
резистор	-	4	50	200
резистор подстроечный	-	1	150	50
биполярный транзистор	КТ315И	2	50	100
микросхема	К155ЛА3	1	150	150
светодиод	АЛ307А	1	50	50
Всего				1100

В итоге расходы на материалы составили 1100 тенге.

В таблицу 4.2 занесены цены составляющих элементов пробника А. Пухличенко.

Т а б л и ц а 4.2 – Расходы на материалы пробника А. Пухличенко

Наименование материала	Марка	Количество	Цена за единицу в тенге	Сумма в тенге
Плата	-	1	500	500
резистор	-	3	50	150
резистор подстроечный	-	1	150	150
биполярный транзистор	КТ3102Е	1	50	50
микросхема	К155ЛА3	1	150	150
светодиод	АЛ307Б	1	50	50
Всего				1050

В итоге расходы на материалы составили 1050 тенге.

Большинство других пробников требуют большего количества элементов, следовательно, времени и затрат на их изготовление уходит еще больше.

4.3 Расчет затрат труда

Тема моей выпускной работы содержит элементы научно-экспериментального расчета. Изготовление пробника включает в себя следующие этапы:

а) подбор материала (8 часов)

б) расчеты (20 часов)

в) пайка деталей на плату (2 часа)

г) проведение эксперимента (2 часа)

В целом на разработку затрачено 32 часа.

Основными методами определения затрат труда на осуществление темы НИР является метод прямого счета трудоемкости.

Длительность цикла в днях по каждому виду работы укрупненно можно определить по формуле [22]:

$$t_n = \frac{T}{q_n \cdot 7 \cdot K}, \quad (4.1)$$

где Т – трудоемкость этапа, нормо-час;

q_n – количество исполнителей по этапу;

7 – продолжительность рабочего дня, час;

К – коэффициент выполнения норм времени (К=1,1).

Себестоимость выполнения научно-экспериментальных работ складывается из следующих статьей затрат:

а) заработная плата основных разработчиков;

б) отчисления из фонда оплаты труда в социальный налог;

в) амортизационные отчисления;

г) расходные материалы;

д) накладные расходы.

Аналогично определяется технико-экономическое обоснование программного продукта, которое следует начинать со стадии жизненного цикла программного продукта [22].

Ежемесячная заработная плата руководителя 120000 тенге, а исполнителя – 40000 тенге. В месяце 26 рабочих дней. Рабочий день состоит из 8 часов. Т.е. чтобы определить заработную плату в час, ее нужно разделить на произведение количества рабочих дней и количество рабочих часов в день.

Имеем формулу:

$$\text{Заработная плата за час} = \frac{Зарп}{26 \cdot 8}, \quad (4.2)$$

где $З_{арп}$ – ежемесячная плата сотрудника.

Отсюда заработная плата за час руководителя:

$$\text{Заработная плата за час} = \frac{120000}{8 \cdot 26} = 576 \text{ тенге.}$$

Заработная плата исполнителя:

$$\text{Заработная плата за час} = \frac{40000}{8 \cdot 26} = 192 \text{ тенге.}$$

Т а б л и ц а 4.3 – Заработная плата. Расчет основной заработной платы производственного персонала

Наименование содержания работ	Исполнитель	Трудоемкость Норма-час	Заработная плата за час работы	Сумма заработной платы
Выбор темы	Исполнитель, руководитель	1; 1	576; 192	768
Подбор материала		8; 8	576; 192	6144
Расчеты	Исполнитель, руководитель	20; 1	576; 192	4416
Паяние	Исполнитель	2	192	384
Эксперимент	Исполнитель	2	576; 192	1536
Всего				13248

Общая сумма составляет 13248 тенге.

Теперь подсчитаем энергозатраты на тестирование. Пробник функционирует с помощью одного блока питания. А тестирование проводили на осциллографе. Тестирование длилось около 2 часов. Энергопотребление одного генератора составляет 100 киловатт-час, а осциллографа – 90 киловатт-час. Затраты на электроэнергию рассчитываются по следующей формуле:

$$C_{ЭЛ} = W \cdot T \cdot S, \qquad (4.3)$$

где W - потребляемая мощность,кВт;

T - количество часов работы, ч/год;

S - стоимость киловатт-часа электроэнергии, кВт/час.

Отсюда общее энергопотребление 190 киловатт-час. Стоимость одного киловатта энергии – 19 тенге для физических лиц. Отсюда энергозатраты на тестирование составили 3610 тенге.

Определяем общую сумму затрат (С) по всем перечисленным статьям затрат:

$$C = ФОТ + Ос + А + Рм + Н + Э, \qquad (4.4)$$

где ФОТ – фонд оплаты труда (основная и дополнительная заработная плата);

Ос – социальный налог (11 %);

А – амортизационные отчисления;

Рм – расходы на материалы;

Н – накладные расходы;

Э – затраты на электроэнергию.

$$Ос = 0,11 \cdot (ФОТ – ФОТ \cdot 0,1) = 1312 \text{ тенге.}$$

Амортизационные отчисления мы взяли в размере 5 % от суммы стоимости блока питания и осцилографа. Стоимость одного блока питания 9000 тенге, а осцилографа – 10000 тенге. Всего имеем 19000 тенге. Отсюда имеем:

$$А = \frac{5}{100} \cdot (9000+10000) = 950 \text{ тенге.}$$

Накладные расходы составляют половину от всех затрат:

$$Н = \frac{1}{2} \cdot (13248+1312+1100+950) = 8305 \text{ тенге,}$$

$$С = 13248+1312+1100+950+8305 = 24915 \text{ тенге.}$$

4.4 Цена интеллектуального труда

Цена – это себестоимость плюс чистый доход, т.е.

$$Ц = С + П, \tag{4.5}$$

где С – себестоимость продукта;

П – чистый доход.

При определении первоначальной цены изделия задается желаемый уровень рентабельности – от 20 % до 40 % для отрасли телекоммуникации [22]:

$$Цп = С \cdot (1+Р/100), \tag{4.6}$$

где Р – рентабельность

Цп – первоначальная цена

Далее определяется цена реализации с учетом НДС.

Налог на добавленную стоимость (НДС) 12 %, следовательно,

$$Цр = Цп \cdot 1,12.$$

Рентабельность взял 20 %, следовательно, Цп = 24915·1,2 = 29898 тенге, а значит Цр = 29898·1,12 = 33486 тенге.

Пробник для проверки оксидных конденсаторов могут использовать предприятия занимающиеся сервисным обслуживанием различных электронных оборудований. С помощью моего устройства можно будет быстро и точно проверить работоспособность оксидных конденсаторов на плате, без каких либо сложностей и демонтажа. Цена пробника очень приемлемая. Следовательно, может быть запущено его массовое производство.

Заключение

Целью выпускной работы являлось модернизировать пробник для проверки работоспособности оксидных конденсаторов без демонтажа из платы. Был сделан макет устройства, с помощью которого проведен эксперимент, в ходе которого выяснилось, что частота сигнала уменьшается с увеличением емкости.

Построен график зависимости частоты от емкости конденсатора.

Произведен необходимый расчет. Коэффициент передачи составного транзистора с общим эмиттером $\beta = 900$, коллекторный ток составного транзистора $I_{к2} = 1{,}5$ (А).

В разделе безопасность жизнедеятельности был проведен анализ опасных факторов при пайке пробника. Рассчитан требуемый воздухообмен L = 9735 $м^3$/час, кратность воздухообмена n = 217 $час^{-1}$.

В экономической части была рассчитана себестоимость пробника, которая составила 33486 тенге. Цена пробника вполне приемлема, следовательно может быть запущено его массовое производство.

Список литературы

1 Терещук Р.М., Терещук К.М., Седов С.А. «Полупроводниковые приемно-усилительные устройства, справочник радиолюбителя». Издание 4-е стереотипное. Киев. «Наукова думка» 1988 г.

2 Тихонов С.Н. «Электротехника для начинающих» М. «Военное издательство министерства обороны СССР» 1969 г.

3 Виноградов Ю.В. “Основы электронной и полупроводниковой техники”. Изд. 2-ое, доп. М., “Энергия”, 1972 г.

4 К. С. Петров. Радиоматериалы, радиокомпоненты и электроника. С-Пб.: Издательство «Питер», 2003 г.

5 В. И. Иваницкий, Советы начинающему радиолюбителю, М.: Издательство «ДОСААФ» 1982 г.

6 Статьи о радиодеталях, Конденсаторы, , интернет - страница «Самодельщик In Manus», http://inmanus.3dn.ru/publ/o_radiodetaljakh/kondensatory/12-1-0-183.

7 Конденсаторы, интернет - страница Любительская радиоэлектроника, http://vicgain.sdot.ru/svradioL/svradioL10.htm.

8 Для чего нужны конденсаторы, интернет – магазин радиотоваров и электронных компонентов «Электроник», http://electronnik.ru/archives/12931.

9 Б. Ю. Семенов, Авторская радиотехническая страница, дополнение к книге «Силовая электроника для любителей и профессионалов», http://www.radioland.mrezha.ru/dopolnenia/capasit_02/capasit_02.htm.

10 Выбор и эксплуатация конденсаторов, интернет страница компании EL Wiki electronic, http://elwiki.ru/wiki/vybor-i-ekspluatatsiya-kondensatorov .

11 Применение и эксплуатация конденсаторов, Официальный сайт ОАО «Элеконд», http://www.elecond.ru/statya06.php.

12 Условное обозначение физических величин и параметров конденсаторов, интернет страница Энциклопедия знаний, http://www.pandia.ru/426134/.

13 Конденсаторы – параметры и маркировка, Радиолюбительский сайт, http://radiostorage.net/?area=news/1667

14 Дулин В.Н., Жук М.С. Справочник по элементам радиоэлектронных устройств. М, Энергия, 1977 г.

15 Бродский М. А. Бытовая радиоаппаратура: Справ. кн. — Мн.: Полымя, 1980 г.

16 Омельяненко А. Измеритель ESR электролитических конденсаторов. — Ремонт электронной техники, 2002, № 2.

17 А. Пухличенко, Как проверить оксидный конденсатор, Журнал «Радио», №6, 1996 г.

18 Хакимжанов Т.Е. Расчет аспирационных систем. Дипломное проектирование. Для студентов всех форм обучения всех специальностей. – Алматы: АИЭС, 2002 г.

19 Хакимжанов Т.Е. Охрана труда: Учебное пособие для ВУЗов. – Алматы: Эверо, 2006 г.

20 СНиП РК 2.04-01-2001. Общие строительные нормы и правила устройства систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Административные и бытовые здания.

21 М.К. Дюсебаев, А.С. Бегимбетова. Методические указания к выпускной работе – Алматы: АИЭС, 2008.

22 Базылов К.Б., Алибаева С.А., Бабич А.А. Методические указания по выполнению экономического раздела выпускной работы бакалавров. – Алматы: АИЭС, 2009 г.