Конденсаторы являются непременным элементом любых электронных схем, от простых до самых сложных. Трудно себе представить какую бы то ни было электронную схему, в которой не используются конденсаторы. За два с половиной века своего существования они весьма значительно изменили свой облик и сегодня отвечают всем требованиям передовой технологии. Некоторые конденсаторы стоят не больше рубля, но их производство в мировом масштабе исчисляется миллиардами долларов.

Принципы изготовления конденсаторов стали известны еще 250 лет назад, когда в 1745 г. в Лейдене немецкий физик Эвальд Юрген фон Клейст и нидерландский физик Питер ван Мушенбрук создали первый конденсатор - "лейденскую банку" - в ней диэлектриком были стенки стеклянной банки, откуда и возникло название. Эти принципы не изменились до сих пор, однако совершенствование технологий и применение новых материалов позволили значительно улучшить конструкцию конденсаторов. Суммарный заряд, который мог накапливаться в лейденской банке емкостью 1 литр, теперь можно "уместить" в устройстве размером не больше булавочной головки. За последние 30 лет размеры конденсаторов уменьшались столь же быстро, сколь быстро происходила миниатюризация в электронике. Ведь легко можно вспомнить как еще 15 – 20 лет назад компьютеры (ЭВМ) были настолько огромными, что занимали целые залы. Сейчас же, миниатюрный компьютер с легкость умещается у нас на ладони, хотя его производительность в десятки раз выше.

Мало кому известно, что наш великий электротехник Павел Николаевич Яблочков, изобретший дуговую лампу особой конструкции, одновременно занимался разработкой и использованием конденсаторов и достиг выдающихся результатов. Основные работы по конденсаторам отражены в его публикациях (докладах и патентах) 1877 – 1880 гг. 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 рис.1 представлена батарея лейденских бутылок с проводящей жидкостью. Из бутылок выступают стержневые выводы, соединенные между собой. От сосуда отходит другой общий вывод.

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 (рис. 2). П.Н.Яблочков указывает, что такие блоки можно соединять друг с другом параллельно или последовательно. Блочная (пакетная) конструкция, предложенная им, впоследствии нашла широкое применение.

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».

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».

Можно предположить, что П.Н. Яблочков вслед за А.Вольтой, который изобрел лакопленочный конденсатор, покрывал пластинки или фольгу лаком. Предложенная Яблочковым конденсаторная обкладка в виде проводящей жидкости повышает электрическую прочность и емкость конденсатора, обращая на пользу неровность покрытия. Этой идеей П.Н.Яблочков предвосхитил конструкцию оксидного (электролитического) конденсатора, запатентованного вскоре после его смерти.

Напомним, что в оксидном конденсаторе диэлектриком служит оксидный слой, образующийся при электролизе на поверхности металла, который является одной обкладкой, при этом другой обкладкой служит электролит, необходимый для существования оксидного слоя. Толщина оксидного слоя при небольших напряжениях меньше микрометра, благодаря чему у оксидных конденсаторов рекордные удельные и абсолютные емкости.

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. 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 (рис.3).

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. Существуют две наиболее распространенные конструкции конденсаторов: одна основана на использовании хрупких керамических слоев толщиной 0,002 см и меньше, а в основе другой лежит технология, позволяющая "сворачивать" плоские структуры площадью с газетный лист в объемные конструкции размером с кусок сахара. Чтобы понять теоретические основы этих технологий, вернемся к самым 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. Внутренний и наружный листы фольги, в обычных условиях имеющие нейтральный заряд, играют роль электродов, если их подсоединить к внешнему источнику электрических зарядов.

Источником зарядов может быть электрическая батарейка, генератор или простая эбонитовая палочка, потертая о шерсть или мех. Если такой палочкой, несущей в себе свободные электроны, коснуться металлического стержня в горлышке сосуда, электроны перетекут с палочки на внутренний электрод. Таким образом отрицательный заряд будет перенесен на внутренний электрод. Поскольку способность накапливать заряды у сосуда ограничена их взаимным отталкиванием, их переход на электрод не может быть бесконечным. Способность накапливать или удерживать заряды 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. Благодаря этому емкость сосуда увеличивается. Однако расти бесконечно она не может.

Имеются два пути увеличения емкости лейденской банки. Один из них заключается в увеличении площади электродов, чтобы дать возможность зарядам рассредоточиться в большем пространстве и тем самым уменьшить силу взаимного отталкивания электронов. Другой путь - уменьшить толщину стеклянной стенки сосуда, разделяющей заряды, скапливающиеся на внутреннем и внешнем электродах. Не надо забывать при этом, что если стекло будет слишком тонким, электроны смогут пройти сквозь него, создавая искровой разряд, что приведет к рассеянию заряда.

Оба пути в лейденской банке трудно реализовать, но они входят в число трех классических способов, к которым прибегают современные ученые и инженеры при разработке новых конструкций конденсаторов. Третье направление увеличения емкости - учет особенностей поведения электронов в изоляторах. Хотя электроны в изоляционном материале неподвижны, они все же могут слегка смещаться под воздействием сил притяжения или отталкивания, действующих со стороны электродов. 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.

Таким образом, созданные в диэлектрике заряды способствуют нейтрализации зарядов на обкладках, а некоторые диэлектрики могут нести заряды, которые по величине не уступают зарядам на самих электродах. Нейтрализация зарядов уменьшает действие сил отталкивания и создает условия для накопления на электродах большего заряда, что ведет к увеличению емкости. Степень проявления этого феномена зависит от свойств диэлектрика и называется 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.

Применением этих материалов как раз и объясняется высокая эффективность работы многослойных керамических конденсаторов, являющихся одним из двух наиболее распространенных видов этого устройства. Другой тип - электролитические конденсаторы; их удельная емкость (на единицу объема) еще выше, даже без использования диэлектриков с высокой диэлектрической проницаемостью. Объем производства тех и других составляет 95% общего количества поступающих в продажу конденсаторов.

Многослойный керамический конденсатор - уменьшенный вариант лейденской банки. На практике в качестве диэлектрика в керамических конденсаторах используется титанат бария с добавлением небольшого 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 смешивают с растворителем, содержащим связующее вещество, которое потом соединит равномерно рассредоточенные в растворе частицы керамики. Полученная смесь в виде жидкой глины имеет такую же консистенцию, как и краска. Смесь разливают слоем толщиной несколько сотых долей миллиметра на бумажную или стальную 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. 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 используют измельченный тантал - твердый металл серого цвета. Порошок тантала спрессовывается и затем в течение нескольких часов полученную заготовку нагревают в вакуумной камере до температуры, близкой к 2000°С. 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.

Несмотря на то что электролитические конденсаторы имеют наибольшую удельную емкость по сравнению с другими типами конденсаторов, область их применения ограничена. Во-первых, это объясняется тем, что подводимое к нему напряжение должно иметь определенную полярность, которую нельзя менять. Эта особенность допускает использование электролитических конденсаторов только в цепях постоянного тока. Во-вторых, электролитические конденсаторы более подвержены пробою, поскольку слои диэлектрика в нем очень тонкие.

 **Список использованной литературы**

1. Справочник по электротехническим материалам. Том 3. Л. «Энергия», 1988.

2. Добрынин А.В., Казаков Н.П., Найда Г.А., Подденежный Е.Н. и др. Нитрид алюминия в электронной технике. Ж. «Зарубежная электронная техника», №4 1989.

3. Носов О.Н. Оптоэлектроника. М. «Высшая школа». 1976.

4. Журнал «Радио» №4 1991год.

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

6. Справочник «Конденсаторы» М. «Радио и связь» 1987.

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

8. В. А. Ацюковский - «Емкостные датчики перемещения»

9. Журнал “Радио”, номер 12, 1978 г.

10. Виноградов Ю.В. “Основы электронной и полупроводниковой техники”. Изд. 2-е, доп. М., “Энергия”, 1972 г. - 536 с.