МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Кафедра ПЭЭА

Пояснительная записка к курсовому проекту

по курсу: «Элементная база ЭА»

Тема проекта: «Конденсатор переменной емкости (минимальная ёмкость, Сmin, пФ – 8; максимальная ёмкость, Сmax, пФ – 120; рабочее напряжение, Uраб, В – 24; закон изменения ёмкости – прямоволновой)»

2009

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Анализ технического задания

1.1 Анализ условий эксплуатации

1.2 Обоснование дополнительных требований и параметров

2. Обзор аналогичных конструкций и выбор направления проектирования

3. Расчет конденсатора

3.1 Расчет электрических и конструктивных параметров

3.2 Вычисление температурного коэффициента емкости

3.3 Расчет контактной пружины

4. Описание конструкции и технологии

Паспорт

Выводы

Список литературы

ВВЕДЕНИЕ

Важной частью радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) и бытовой в частности являются электрорадиоэлементы (ЭРЭ), которые лежат в их основе. По этой причине неразрывно связаны: качество РЭА и радиоэлементов. Основным этапом, на котором задаются параметры радиоэлементов, является этап проектирования. В ходе проектирования учитывается конструктивные и технологические факторы. Нужно выбрать правильный вариант конструкции, согласовав минимальные габаритные размеры и требуемые технические характеристики.

Задачей данного курсового проектирования является разработка конденсатора переменной ёмкости с заданными параметрами, а также приобретение личного опыта разработки ЭРЭ. Курсовое проектирование должно научить студента самостоятельно работать, а также способствовать его самовоспитанию, так как творческое отношение к труду – важнейшее качество специалиста любой профессии, а развитие творческих способностей является объективной потребностью, диктуемой развитием науки и техники.

1. АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

Исходные данные

##### Минимальная ёмкость, Сmin, пФ 8

Максимальная ёмкость, Сmax, пФ 160

Рабочее напряжение, Uраб, В 24

Закон изменения ёмкости прямоволновый

Программа, шт. 2000

1.1 Анализ условий эксплуатации

Данный конденсатор будет эксплуатироваться в бытовой радиоприёмной аппаратуре в широковещательном диапазоне. Исполнение прибора соответствовует УХЛ-4.2 ГОСТ 15150 – 69 - для районов с умеренным и холодным климатом.

Значения климатических факторов внешней среды при эксплуатации и испытаниях УХЛ-4.2 ГОСТ 15150 – 69.

Исполнение изделий – УХЛ; категория изделий - 4.2 .

Общие нормы климатических воздействий на РЭА для исполнения УХЛ приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1 – Общие нормы климатических воздействий на РЭА

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исполнение | Категория  размещения | Воздействия температуры, °С | | | | | Воздействия относительной влажности, % |
| Рабочие | | | Предельные | |  |
| Верхн | Ниж | Ср. | Верхн | Нижн |  |
| УХЛ | 4.2 | +35 | +10 | +20 | +40 | +1 | 98% при 25°С |

В соответствии с ГОСТ 16019-78 РЭА должна выдерживать нормативные воздействия, приведенные в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Бытовая РЭА. Нормы климатических и механических воздействий для 1-й группы

|  |  |
| --- | --- |
| Вид воздействия, характеристики | Нормы воздействий |
| Прочность при транспортировании:  ускорение, g  длительность ударного импульса, мс  число ударов, не менее | 15  11  1000 |
| Теплоустойчивость:  рабочая температура, °С  предельная температура, °С | 40  55 |
| Пониженное атмосферное давление, кПа | 70 |
| Холодоустойчивость:  предельная температура, °С | -40 |
| Влагоустойчивость:  влажность, %  температура, °С | 93  25 |

1.2 Обоснование дополнительных требований и параметров

В ТЗ не обговорены требования к габаритам и массе предложенного к разработке КПЕ. В связи с этим можно применить воздух в качестве диэлектрика, что позволит сконструировать конденсатор с более высокими качественными показателями по сравнению с конденсаторами с твёрдым диэлектриком. В следующем разделе будут рассмотрены разнообразные варианты конструкций КПЕ и выбраны наиболее подходящие для получения оговоренных в ТЗ характеристик.

Суммарное число пластин конденсатора выбирается с учётом того, что суммарная длина секции должна быть приближённо равна радиусу пластины ротора и суммарная длина КПЕ не должна превышать заданное в ТЗ значение.

Число пластин выбираем в зависимости от максимальной емкости, то согласно ТЗ Сmax=160, следовательно выбираем N=11 [1]

2. ОБЗОР АНАЛОГИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Изменение ёмкости конденсатора может быть получено двумя принципиально разными способами управления - механическим и электрическим. Особенности конденсаторов с механическим управлением заключается в возможности реализации заданных законов изменения ёмкости при перемещении пластин; получения изменения широкого диапазона изменения ёмкости и больших величин добротности; обеспечение больших рабочих напряжений и малых значений температурного коэффициента ёмкости (ТКЕ); независимости величины ёмкости от приложенного напряжения; сравнительно большом времени, необходимом для изменения ёмкости; зависимости величины ёмкости от влажности и внешних механических воздействий, относительной сложности конструкции и больших габаритах.

Конденсатор переменной ёмкости с механическим управлением представляет собой две системы плоских пластин: неподвижную (статор) и подвижную (ротор), расположенных таким образом, что при вращении ротора его пластины входят в зазоры между пластинами статора.

В зависимости от угла поворота различают:

- конденсаторы с нормальным угловым диапазоном, при котором угол поворота равен 180о;

- конденсаторы с расширенным угловым диапазоном- угол поворота ротора больше 180о;

- конденсаторы с уменьшенным угловым диапазоном, например равным 90о.

В зависимости от величины приложенного напряжения конденсаторы переменной ёмкости рассчитывают:

- для электрических цепей с малым напряжением (менее 200В);

- для электрических цепей с повышенным напряжением (более 200В);

- для электрических цепей с большим напряжением (более 1000В).

По закону изменения ёмкости конденсаторы подразделяют на прямоёмкостные, прямоволновые, прямочастотные и логарифмические.

По типу диэлектрика конденсаторы различают на:

- конденсаторы с воздушным диэлектриком;

- конденсаторы, заполненные сжатым газом;

- вакуумные конденсаторы;

- конденсаторы с жидким диэлектриком;

- конденсаторы с твёрдым диэлектриком.

По числу секций конденсаторов, одновременно изменяющих свою ёмкость, конденсаторы делят на односекционные и многосекционные.

Для одновременной настройки нескольких контуров применяются многосекционные конденсаторы. В зависимости от того, какие из блоков этого рода применены в аппаратуре, к схеме соединения отдельных секций предъявляют различные требования. Например, в тех случаях, когда блок конденсаторов должен быть проще и дешевле, используют схемы, в которых все роторы гальванически соединены между собой общей металлической осью. Однако при этом между отдельными секциями конденсатора возникает электрическая связь, объясняемая электрической проводимостью оси, соединяющей роторы. В других случаях, когда существенно важно как можно больше уменьшить связь между настраиваемыми контурами, применяют блоки, у которых и статоры и роторы изолированы друг от друга, а ось, соединяющая роторы, сделана из изоляционного материала.

Конденсаторы переменной ёмкости с механическим управлением между собой различаются видом диэлектрика (твёрдый, жидкий или газообразный) и способом задания функциональной зависимости изменения ёмкости от угла поворота (конденсаторы с фигурными пластинами ротора или с вырезом в статорных пластинах).

Воздух по сравнению с твёрдыми и жидкими диэлектриками обладает рядом положительных свойств: ничтожными потерями, малой проводимостью, независимостью диэлектрической проницаемости от частоты и малой зависимостью от температуры, влажности и давления.

К недостаткам воздуха, как диэлектрика следует отнести малые значения диэлектрической проницаемости и пробивного напряжения, что влияет на габаритные размеры КПЕ.

Перечисленные положительные свойства воздуха как диэлектрика позволяют создать наиболее простые конструкции конденсаторов с высокими техническими характеристиками. Исходя из этого- в проектируемом КПЕ в качестве диэлектрика будет использоваться воздух.

У конденсаторов с переменным радиусом выреза в статорной пластине пластины ротора имеют более жесткую конструкцию, что даёт существенное преимущество только для прямоволнового закона изменения ёмкости. Для прямоволновой зависимости такое конструктивное решение является нецелесообразным.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ И КОНСТРУКТИВНЫЙ РАСЧЕТ

Величина зазора между пластинами ротора и статора выбирается с учётом требований электрической прочности, точности, температурной стабильности, габаритных размеров и производственно-технических соображений.

При большом зазоре увеличивается электрическая прочность, увеличивается температурная стабильность, но увеличиваются и габаритные размеры КПЕ. Маленький же зазор даёт плохие стабильность и электрическую прочность при малых габаритных размерах. В связи с этим с этим выбираем d = 0,3мм, считая это значение оптимальным с точки зрения отношения характеристик и габаритных размеров.

Для предотвращения короткого замыкания между роторными и статорными пластинами в статорных пластинах делается вырез. Его радиус определяется с учётом зазора d и радиуса оси rоси = dоси/2 =4/2 = 2 мм по формуле:

r0 = rоси+(2÷3)d = 2+(2÷3)·0,3 = 2.5÷2.75 мм,

Выбираем максимальное значение r0 =2.75 мм, так как при большем радиусе уменьшается значение паразитной ёмкости.

3.1 Определение формы и размеров пластин

Прямоволновая зависимость ёмкости от угла поворота математически описывается функцией

С = (aφ + b)2, (3.1)

где a = (- )/180;



b = Сmin ;

K= ;



φ – угол поворота ротора.

N – общее число пластин статора и ротора

Зависимость радиуса ротора от угла поворота для получения необходимой функциональной зависимости описывается следующим выражением:

R = , (3.2)



где d – зазор между пластинами, см;

k – постоянная ;

r0 – радиус выреза в пластине статора;

φ – угол поворота.

Вычислим значения коэффициентов a и b:

a = ( -)/180 = 0,06;



b =8;

Расчёт R произведём при помощи пакета прикладных программ Excel. Результаты работы программы (с шагом 10º) приведены в таблице 3.1.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| φ ,° | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 |
| R,мм | 7,64 | 8,03 | 8,4 | 8,76 | 9,1 |
| φ,° | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 |
| R,мм | 9,4 | 9,75 | 10,06 | 10,35 | 10,65 |

Длина секции определяется по формуле:

l0 = hплN + d (N-1); (3.3)

где hпл – толщина пластины (выбираем hпл = 0,6мм);

N – суммарное число пластин в секции;

d – зазор между пластинами ротора и статора, мм.

l0 = 0,6·11 + 0,3·9 = 8,7 мм;

3.2 Вычисление температурного коэффициента ёмкости

При изменении температуры воздуха изменяются как физические, так и геометрические размеры (s и d) конденсатора, что приводит к изменению ёмкости. Ёмкость КПЕ состоит из двух составляющих: постоянной (представляет собой минимальную ёмкость Сmin, величина которой не зависит от положения ротора) и переменной Спер, величина которой изменяется при перемещении ротора. Каждая из этих емкостей имеет свой определённый ТКЕ.

Минимальная ёмкость образуется как сумма емкостей через твёрдый диэлектрик и воздух между деталями, находящимися под разными потенциалами. В общем виде можно сказать, что



ТКЕmin = ; (3.4)



Так как ёмкость через диэлектрик составляет значительно меньшую часть, чем ёмкость через воздух, то можно приближённо считать это значение равным 20·10-6 ºС (ТКЕ для воздуха).

Температурный коэффициент переменной части ёмкости можно вычислить, используя формулу

ТКЕ˜ = ТКЕв+ ТКSa, (3.5)

где ТКSa и ТКd – температурные коэффициенты активной площади пластин и зазора соответственно.

обуславливается температурным коэффициентом линейного расширения материала αмп, из которого они сделаны и относительным перемещением секций ротора и статора, вызванными температурным коэффициентом линейного расширения материала корпуса αмк, т.е.

ТКSa = ТКSs ± ТКSl, (3.6)

где ТКSs – температурные коэффициенты активной площади пластин, обусловленные αмп и αмк соответственно.

Тогда

ТКSs = ΔS/(S·Δt) = 2 αмп·SΔt/(S·Δt) = 2 αмп , (3.7)

а ТКSl будет определяться при колебаниях температуры окружающей среды по изменению расстояния между ротором и статором. В связи с тем, что пластины и корпус выполнены из одного материала, можно допустить, что изменение активной площади пластин довольно мало и ТКSl можно пренебречь.

Подставив значение коэффициента линейного расширения для инвара в (3.9), получим

ТКSs = 2·0,9·10-6 = 1,8·10-6 ºС-1

Теперь найдём ТКSa из выражения (3.8)

ТКSa = 1,8·10-6 + 0 = 1,8·10-6 ºС-1,

Для нахождения воспользуемся формулой

ТКSd = (αмоl - 2 αмоd) / (l – 2dп), (3.8)

где d = 0,5(l – 2dп) – величина зазора, мм;

dп – толщина пластины, мм;

l – расстояние между пластинами ( по средней линии), мм;

αмоl и αмоd – температурные коэффициенты линейного расширения материала оси и пластин соответственно, ºС-1.

Подставим численные значения

d = 0,5(1-2·0,3) = 0,2мм,

ТКSd = (4,5·-2·0,9·0,3) / (1-2·0,6) = 10·10-6 ºС-1,

Просуммировав все составляющие, сначала получим значение ТКЕ переменной составляющей ёмкости

ТКЕ˜ = 20·10-6 + 1,8·10-6 + 10·10-6 = 31,8·10-6 ºС-1,

а затем и общее ТКЕ

ТКЕ = ТКЕ˜ + ТКЕmin = 31,8·10-6 + 20·10-6 = 51,8·10-6 ºС-1,

Разработанная конструкция конденсатора удовлетворяет требованиям ТЗ по стабильности.

### 3.3 Расчёт контактной пружины

В качестве материала для изготовления контактной пружины будем использовать Бронзу Бр. КМц 3-1 (ГОСТ 493-54).

Определим необходимое контактное усилие, исходя из условия обеспечения требуемой активной составляющей переходного сопротивления Rп по формуле:

,



где –коэффициент, учитывающий способ, чистоту обработки и состояние поверхности контактных элементов (для очень грубых поверхностей =3); –поверхностная твердость по Бринеллю (выбираем по более мягкому материалу); b–коэффициент, зависящий от характера деформации, вида и формы зоны контактирования (b=2).



Н,



Толщину контактного элемента рассчитаем по формуле:

,



где –коэффициент запаса (=48); –средний прогиб; –допустимое напряжение на изгиб; E–модуль упругости первого рода.



мм,



По сортаменту на используемый материал полученное значение толщины округлим до ближайшего табличного значения =0,2 мм.



4. Описание конструкции и технологии

Годовой выпуск проектируемого конденсатора равен 2000 штук, следовательно, используется серийное производство.

За основу конструкции выбираю штампованный конденсатор.

Главными частями рассчитанного конденсатора переменной емкости являются ротор и статор. Пластины ротора и статора изготавливаются штамповкой из листовой латуни ГОСТ 931-52 толщиной 0,6мм. Пластины ротора к оси ротора крепятся припоем ПОС-61 ГОСТ 21931-76. Корпус изготовлен из пресс-порошка К-21-22 ГОСТ 20478-75 методом прессовки. Втулки, изготовленные ил латуни ГОСТ 931-52, предназначены для выстраивания положения ротора относительно статора. Токосъем, изготовленный из Бр. КМц 3-1 ГОСТ 493-54, клеим к корпусу клеем ВК ОСТ4ГО.029.204.

Штампованные конденсаторы удобны для серийного производства, хотя по электрическим характеристикам они уступают предыдущим типам. Такой конденсатор может изготавливаться в серийном производстве, сборку может осуществлять сборщик с низким разрядом.

ПАСПОРТ

##### Минимальная ёмкость, Сmin, пФ 8

Максимальная ёмкость, Сmax, пФ 160

Рабочее напряжение, Uраб, В 24

Число секций 1

Температурный коэффициент ёмкости, ºС-1 51,8·10-6

Рабочий угол, 180

Диаметр оси, мм 4

Закон изменения ёмкости КПЕ прямоволновый

Программа, шт. 2000

Исполнение по ГОСТ 15150-69 относится к первой группе исполнения УХЛ, категория размещения 4.2

ВЫВОДЫ

В данном курсовом проекте был произведен расчет КПЕ с прямоволновой зависимостью, который предназначен для использования в стационарной аппаратуре.

В качестве материала пластин ротора и статора выбираем никель, который имеет коэффициент линейного расширения 13\* 10-6 оС.

Ось данного КПЕ изготавливаем из керамики, с коэффициентом линейного расширения равным 4.5\*10-6 оС.

Кроме этого, при проведении расчетов и при проектировании был определен температурный коэффициент емкости ТКЕ, который равен 52 10-6 оС-1.

Функциональная зависимость емкости от угла поворота – прямоволновая.

Были рассчитаны радиусы пластин ротора.

Количество выпущенных конденсаторов предусматривается n = 2000 штук в год.

Изготавливаем пластины ротора и статора, а так же другие детали КПЕ методом штамповки, так как этот метод наиболее удобен для серийного производства, хотя по электрическим характеристикам он уступает другим методам.

Достоинством конструкции такого конденсатора являются малые размеры и возможность использования типового производственного оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. . Волгов В.А. Детали и узлы РЭА. –М.: Энергия. 1977. –656 с.
2. .-Устройства функциональной радиоэлектроники и электрорадиоэлементы: Конспект лекций. Часть I / М.Н. Мальков, В.Н. Свитенко. – Харьков: ХИРЭ. 1992. – 140 с.
3. . Справочник конструктора РЭА: Общие принципы конструирования/ Под редакцией Р.Г. Варламова. – М.: Сов. Радио. 1980. – 480 с.
4. . Фрумкин Г.Д. Расчет и конструирование радиоаппаратуры. – М.: Высшая школа. 1986. – 339 с.