Министерство образования и науки Украины

Харьковский государственый технический университет радиоэлектроники

Кафедра ПЭЭА

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по предмету: Элементная база ЭА

на тему: Резистор переменного сопротивления типа А

Разработал

Руководитель проекта

2009

Содержание

Введение

1. Анализ ТЗ

2. Обзор аналогичных конструкций и выбор направления проектирования

3. Электрический и конструктивный расчет

3.1 Расчет резистивного элемента

3.2 Расчет контактной пружины

3.3 Теплотехнический расчет

3.4 Расчет частотных характеристик

4. Эскизная проработка элемента и обоснование принятых решений

5. Уточнение и описание конструкции

Выводы

Перечень ссылок

Задание на курсовой проект (работу) студента

1. Тема проекта (работы): Резистор переменного сопротивления с круговым вращением подвижной системы.

2. Срок сдачи законченного проекта (работы): 24.04.2001

3. Исходные данные к проекту (работе):

Rmin<10 Ом; Rmax =1кОм; PR=5Вт; ΔRmax=5%; δR<2%;

ТКR<50\*10-6 1/град;

диаметр оси управления 4мм; max диаметр резистора 25мм; ресурс работы-105 передвижений.

Условия эксплуатации:

климатические УХЛ 2.1 ГОСТ 15150 - 69;

выпуск n=100 000 шт. /год.

## Введение

За, последние годы широкое применение получила радиоэлектронная техника, характер и функции которой требуют применения десятков и сотен тысяч различных комплектующих изделий. Среди них резисторы составляют значительную часть.

Они выполняют ответственную функцию - перераспределение электрической энергии между другими элементами схем - и составляют до 50% общего числа элементов радиоэлектронной аппаратуры.

Проволочные резисторы находят широкое применение, так как они имеют следующие достоинства:

Возможность изготовления резисторов с точной величиной номинального сопротивления;

Высокую стабильность сопротивления при воздействии различных внешних факторов;

Малую величину температурного коэффициента сопротивления;

Большую допустимую мощность рассеяния;

Устойчивость к электрическим перегрузкам;

Незначительный уровень собственных шумов;

Высокую радиационную стойкость;

Высокую износоустойчивость и др.

Благодаря этим достоинствам проволочные резисторы успешно используются в таких радиоэлектронных устройствах, к которым предъявляются повышенные требования точности и стабильности электрических и эксплуатационных параметров.

Резисторы используются в электронной аппаратуре, различных системах автоматического управления и регулирования, в электрооборудовании транспорта и измерительной технике. При помощи потенциометров можно не только преобразовать механическую величину в электрическую, но и реализовать требуемую функциональную зависимость между этими величинами.

В этом курсовом проекте также решается задача конструирования переменного проволочного резистора, предназначенного для электрического моделирования физических процессов. Вся трудность заключается в том, что при не большом сопротивлении и рассеиваемой мощности он имеет большую разрешающую способность, что позволяет отнести его к потенциометрам.

То есть данный курсовой проект является вкладом в процесс развития проволочных переменных резисторов.

## 1. Анализ ТЗ

Согласно технического задания необходимо спроектировать резистор переменного сопротивления с такими характеристиками:

номинальное сопротивление R=10 Ом;

номинальная мощность P=5 Вт;

разрешающая способность δ<2%;

температурный коэффициент сопротивления

ТКС=± (5÷30) ⋅10-6 1/град;

термо е. д. с. Тэдс=-2 мкВ/град;

момент вращения μ=0,1 Н/м;

ресурс роботы 105 вращений;

выпуск n=105 шт/год;

условия эксплуатации:

климатические - УХЛ 4.2 ГОСТ 15150-69;

механические - IV ст. ж. ГОСТ 16962-72.

Будущий резистор должен быть согласно ГОСТ 15150-69 по климатическому исполнению эксплуатироваться в микроклиматических районах с умеренным и холодным климатом в лабораторных, капитальных жилых и других подобных помещениях. Исходя из данных, для обеспечения ТКС и Тэдс в качестве материала для резистивного элемента по [1.39] выбираем манганин - медно-марганцевый сплав, который состоит из 83÷86,5% меди, 11÷13,5% марганца и 2,5÷3,5% никеля. В манганине

ρ=0,42÷0,48 Ом⋅мм2/м, ТКС=± (0,5÷30) ⋅10-5 1/град, Терс=1 мкВ/град.

Намотку резистивного элемента произведём манганиновым проводом марки ПМТ - твёрдый, с изоляцией в один слой с высокотвердой эмали и диаметром жилы от 0,02 до 0,8 мм.

Так как резистор должен иметь ресурс работы 105 вращений, то необходимо обеспечить хороший контакт пружины токосъема к резистивной проволоке при минимальном контактном усилии и надёжную фиксацию установленного сопротивления.

Для резистивного каркаса нужно выбирать плоский каркас, так как он имеет меньший объем чем цилиндрический.

Номинальная мощность будущего резистора равна 2 Вт, что относит его классу резисторов средней мощности, поэтому у него будет отсутствовать большой перегрев.

Производство резисторов - серийное. По этому нужно обеспечить простоту изготовления и использовать для него недорогие материалы.

## 2. Обзор аналогичных конструкций и выбор направления проектирования

Конструкция заданного проволочного переменного резистора в большей мере зависит от заданных характеристик. Следовательно, после анализа технического задания стало известно, что конструируемый резистор должен иметь плоский резистивный элемент с постоянным сечением в виде прямоугольника.

Так как резистор имеет большое сопротивление, а соответственно большие размеры резистивного элемента, то для уменьшения габаритных размеров следует сделать резистивный элемент подковообразной формы.

Аналогичными конструкциями для данного резистора являются конструкции проволочных резисторов с круговым перемещением подвижного контакта СП5-2, СП5-3, СП5-2Т и СП5-3Т. Эти резисторы, для приведения в движение скользящего контакта, используют червячную передачу, что нежелательно использовать в данном резисторе. Так как эта конструкция из-за своих малых размеров может выйти из строя раньше времени (за счет износа вала), не обеспечивает плавного изменения сопротивления и для создания определенного контактного усилия и фиксации установленного сопротивления требует дополнительных затрат.

Более подходящую конструкцию имеет малогабаритный построечный резистор СП15-16Б, в котором прижим контактной системы к токосъему осуществляется за счет пружины. Контактная пружина имеет вид консольной балки, что позволяет выбрать значения контактного усилия в довольно широких пределах. Но отрицательной стороной этих резисторов является их герметичность, что не позволяет делать разборку резистора. Общим неподходящим элементом этих конструкций для разрабатываемого резистора является то, что у них резистивный элемент является струнным и контактная пружина находится между держателем и резистивным элементом. Пружина, прижимающая контактную систему к токосъему, находится в середине корпуса, создавая усилия за счет своей упругости и жесткости материала корпуса.

Учитывая эти недостатки в существующих резисторах, относительно проектируемого выбираем следующие направления:

Вращение скользящего контакта производить с помощью пружин;

Фиксация установленного сопротивления с помощью пружин;

Создание контактного усилия с помощью пластинчатых пружин и стопорных шайб для возможности его регулировки;

Токосъем выполним в виде консольной пружины круглого сечения, а соединение контакта и вывода произведём в виде спирали;

Корпус резистора - открытый, то есть крышки не имеет, так как условия работы - лаборатории, жилые дома и другие подобные помещения.

## 3. Электрический и конструктивный расчет

## 3.1 Расчет резистивного элемента

Определение площади плоского каркаса резистивного элемента производится согласно формулы [1.73]:

, (3.1)



где S - площадь каркаса, мм2,P -электрическая мощность рассеяния, Вт;

ϑ-перегрев обмотки, равный разности между максимально допустимой температурой на обмотке и номинальной температуры окружающей среды, ˚C;

μ -средний коэффициент теплоотдачи резисторов, что лежит в пределах (5÷20) ·10-5 Вт/мм2·град [1.73];



Определение диаметра проволоки:

(3.2)



где d -диаметр проволоки, мм;

ρ -удельное электрическое сопротивление, Ом·мм2/м, для манганина составляет 0,46 Ом·мм2/м [1.39];

R -сопротивление обмотки, Ом;

к -коэффициент, числено равный отношению шага намотки к диаметру проволоки. Для резистивных элементов, с изолированной проволокой к = 1,05÷1,2 [1.73];



Определение длины проволоки L, мм:

, (3.3)



.



Определение шага намотки проволоки tн, мм:

(3.4)



.



Определение длины каркаса:

Площадь плоского каркаса определяется по формуле:

, (3.5)



где l0 -длина активной части каркаса, мм;

a - высота каркаса, мм;

b - ширина каркаса, мм.

Отсюда:

. (3.6)



Вибираем, исходя из практических соображений:

a = 10 мм, b = 1 мм;

. (mm)



Определение количества витков резистивного элемента n:

(3.7)



.



Определение шага намотки tн через L, a, b:

(3.8)



.



Этот результат приблизительно равный прежнему расчету, значит шаг намотки выбран правильно. Из конструктивных соображений задаем угол поворота 3000. Вычислим длину каркаса, если бы он имел форму замкнутой окружности



Определим диаметр каркаса

(3.9),



Определим разрешающую способность проэктируемого резистора[1.83]

(3.10)



Полученная разрешающая способность намного больше заданной.

## 3.2 Расчет контактной пружины

В качестве материала пружины выбираем сплав золота (80%) и меди (20%), который имеет высокую твердость и электропроводность, стойкий к коррозии и свариванию.

Конструкцию выбираем в виде консольной пружины круглого сечения.

Определим диаметр пружины

(3.11)



где dпр - диаметр пружины, мм

Fk - минимальное контактное усилие, г

Е − модуль упругости, кг/мм2

σ − напряжение в материале пружины, кг/мм2

fв − максимальная частота вибраций,1/сек

γ − плотность материала пружины



Определение длины пружины

(3.12)



Определим прогиб пружины под действием контактного усилия

(3.13)



Определим коэффициент запаса по контактному усилию

(3.14)



где а=40 см/сек - максимальная величина ударных или линейных ускорений. При таких характеристиках пружины, резистор будет иметь заданный ресурс работы, и обеспечивать хороший контакт.

## 3.3 Теплотехнический расчет

Определение температуры перегрева резистивного элемента при установленном тепловом режиме проводится согласно формулы [1.106]:

(3.15)



где ϑ - температура перегрева резистивного элемента, град;

P - мощность рассеяния, Вт;

μ - среднее значение коэффициента теплоотдачи [1.106],

Вт/мм2·град;

Sр. е. - площадь поверхности резистивного элемента, мм2, которая определяется по формуле:



Тогда:



## 3.4 Расчет частотных характеристик

Расчет индуктивности резистивного элемента с прямолинейным каркасом прямоугольного сечения производится по формуле [1.111]:

(3.16)



где L - индуктивность резистивного элемента, Гн;

n - количество витков резистивного элемента;

b - ширина каркаса, мм;

h - высота каркаса, мм;

l -длина каркаса, мм;



Расчет собственной емкости резистивного элемента с каркасом приведенным до круглого сечения изготовленного с диэлектрика производится по формуле [1.111]:

С=0.1k1k2dk (3.17)

где С - собственная емкость, пФ;

k1 - коэффициент, что зависит от соотношения между шагом намотки tн и диаметром резистивной проволоки;

k2 - коэффициент, что зависит от соотношения между длиной намотки резистивного элемента l0 и диаметром каркаса резистивного элемента dк;

dк -диаметр каркаса резистивного элемента, мм.

Произведем перерасчет резистивного элемента с прямоугольным сечением в круглый и определим его диаметр.

(3.18)



де a - ширина резистивного элемента, мм;

b - высота резистивного элемента, мм;

Для соотношения tн/dk = 1.07 и l0/dk = 8.7 коэффициенты k1 і k2 согласно графику [1.111] принимают значения:

k1 = 2.5,k2 = 3.

Тогда:



## 4. Эскизная проработка элемента и обоснование принятых решений

В данной работе разрабатывается проволочный резистор переменного сопротивления с прямоугольным резистивным элементом. Резистивная проволока намотана на каркас и согнута в подковообразную форму так, что токосъем происходит в результате кругового движения скользящего контакта. Круговое перемещение обусловлено тем, что при таком изготовлении резистор будет иметь меньшие габаритные размеры. Плоский резистивный элемент выбирается по тому, что большая длина наматываемой проволоки (L=17.63м). При той же длине он займет меньше места, чем цилиндрический.

Токосъем производится с помощью контактной пружины, выполненной из сплава золота и меди в виде консольной балки. Форма объясняется тем, что этот резистор рассчитан на большой ресурс работы, а эта конструкция позволяет создать небольшие и стабильные контактные усилия.

Выбранная резистивная проволока марки ПЭВМТ-1 имеет минимальный ТКС, что значительно повышает стабильность установленного сопротивления. Такая проволока обеспечивает высокое сопротивление (R=2,2кОм), при диаметре проволоки d=0,07 мм. Шаг намотки tш=0,075 мм обеспечивает разрешающую способность δ=0,12%.

Для хорошего контакта в резистивном элементе делается выборка глубиной 10…30\*10-3мм и имеет 8-10 класс точности.

Токосъем производится с помощью плоской и тонкой пружины, одним концом припаянной к выводу резистора, а другим - к концу контактной пружины. Её конструкция рассчитана на большой строк службы.

Сама пружина жестко закреплена на держателе, который в свою очередь соединен с осью вращения. приводящей в вращение всю контактную систему.

Фиксация установленного сопротивления и образование необходимого контактного усилия достигается с помощью контактных шайб, расположенных на оси вращения. Такая конструкция обеспечивает легкую регулировку контактного усилия, надежную фиксацию сопротивления, не требует больших усилий для перемещения контактной пружины.

Ещё одно достоинство такой конструкции заключается в том, что резистор поддается ремонту, в частности замене стержня пружины на оси. А такая замена существенно продлевает строк службы резистора.

Держатель с контактной пружиной и резистивный элемент помещаются в среди пластмассового корпуса, обеспечивающего изоляцию и защиту от механических воздействий, и удобное крепление резистора.

В целом конструкция проста и надёжна, не требует больших затрат средств и пригодна для серийного производства.

## 5. Уточнение и описание конструкции

Сконструированный переменный резистор состоит из корпуса, который имеет круглую форму и изготовлен из пластмассы.

Основным элементом в переменном резисторе является резистивный элемент и контактное устройство.

В данной конструкции электрический контакт обмотки с выводом создается обжатием металлической обоймой вокруг конечных витков обмотки. Используется и дополнительное крепление - пропитка её изоляционным лаком. Крепление резистивного элемента производится клеем в специальном пазе.

Крепление контактной пружины к держателю осуществляется впайкой её в металлический цилиндр с подошвой, прикрепленный к держателю клеем.

Ось перемещения контактной пружины совершает свои движения в металлической втулке с наружной резьбой, впрессованной в основание корпуса. На основании втулки, в специальных пазах, располагаются плоские пружины, которые создают фиксацию сопротивления посредством обжатия оси вала вращения. Таких пружин имеется 4, они упругие и пластичные, отшлифованные до 10 класса точности, что бы создавать минимальную силу трения с осью вращения. Между держателем и втулкой размещены еще 2 пружины для регулировки контактного усилия. В держатель впрессована металлическая шайба, которая предотвращает преждевременный износ держателя.

На держателе, соосно контактной пружине, есть выступ, который ограничивает угол поворота скользящего контакта.

Токосъемная пружина расположена над держателем, и одним концом припаяна к токосъему, а другой к выводу. Ось вращения вставлена в держатель, и на конце имеет паз для стопорных шайб, создающих контактное усилие. Также имеет выступ для насадки на него фишки для удобства вращения. Внешние выводы с наружи переменного резистора выполнены в виде пластин и впрессованы в корпус.

ПАСПОРТ

Данный резистор предназначен для электрического моделирования физических процессов.

Электрические данные:

Номинальное сопротивление RH=10 кОм

Номинальная мощность PH=5 Вт

Разрешающая способность δ =0.7%

Угол поворота α =3000

Собственная индуктивность L =0.157мкГн

Собственная емкость С =4.25пФ

Термо - э. д. с. Тэдс=1мкВ/0С

Температурный коэффициент стабильности ТКС=± (5÷30) 1051/0С

Конструктивные данные:

Габаритные размеры

Диаметр контактной пружины dпр=0.3мм

Длина контактной пружины lпр =25.8мм

Количество витков n =152

Диаметр проволоки d =0,12мм

Длина проволоки L =4266.3м

Шаг намотки tш =0,1мм

Высота каркаса a =10мм

Диаметр каркаса D =58мм

Условия эксплуатации:

Климатические УХЛ 4.2 ГОСТ 15150-69

Механические 2ст. ж. ГОСТ 16962-71

## Выводы

В результате проектирования было получено проволочный резистор переменного сопротивления. Его характеристики, приведенные в паспорте, говорят о его достоинствах и недостатках.

Сам резистор имеет средние габаритные размеры, что удобно при регулировке. Температура нагрева резистора равна 16,50С, но так как резистор рассчитывался для 300С, то есть запас, который особо важен при долговременной эксплуатации.

В результате расчетов получили резистор с большей разрешающей способностью.

Недостатком является наличие значительных емкостей и индуктивностей, что ограничивает применение резисторов на высоких частотах.

Полученная конструкция очень удобна при серийном производстве. Она проста и не требует очень сложного оборудования. Между тем конструкция надежна и долговечна. Подлежит ремонту и замене.

Стоимость конструкции не высока и определяется стоимостью золота в токосъеме, бронзы, манганиновой проволоки и пресс порошка.

## Перечень ссылок

1. М.Т. Железнов, Л.Г. Ширшев. Проволочные резисторы. М. Энергия. 1970

2. В.Л. Соломахо и др. Справочник конструктора-приборостроителя. Проектирование. Основные нормы. Мн. Высшая школа. 1988

3. А.К. Белоусов, В.С. Савченко. Электрические разъемные контакты в радиоэлектронной аппаратуре. М. Энергия. 1975