Министерство образования и науки Украины

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Кафедра ПЭЭА

# Курсовой проект

## Пояснительная записка

Тема проекта: Расчёт сопротивления

## АННОТАЦИЯ

Данный проект представляет собой разработку переменного резистора для измерительной аппаратуры. Резистор имеет мощность 0,6Вт. При сопротивлении 900.Ом.

Принято решение разработки проволочного резистора, с каркасом прямоугольного сечения. Объем пояснительной записки 19 страниц.

Содержание

### Введение

1. Анализ ТЗ
2. Обзор аналогичных конструкций и выбор проектирования
3. Электрический и конструктивный расчет:
   1. Расчет резистивного элемента
   2. Теплотехнический расчет
   3. Расчет частотных характеристик
   4. Расчет контактной пружины
4. Эскизная проработка элемента и обоснование принятых решений
5. Уточнение и описание конструкции

### Паспорт

Выводы

Перечень ссылок

#### ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное развитие радиопромышленности и приборостроения, разработка аппаратуры на интегральных и больших интегральных схемах, создание ЭВМ третьего и четвертого поколений с колоссальными возможностями переработки информации, а также автоматических систем управления стимулируют расширение производства существующих и создание новых типов переменных резисторов для регулирования режимов и подстройки электронных цепей к заданным параметрам.

Разработка переменных резисторов – это решение совокупности сложных технических задач по синтезу проводящих и изолирующих материалов, расчету элементов конструкции и определению оптимальных режимов их изготовления.

Научно-техническая проблема создания переменных резисторов складывается из трех основных звеньев:

а) разработка и внедрение в производство новых типов переменных резисторов, отвечающих настоящим и перспективным требованиям промышленности;

б) унификация конструкций (создание базовых конструкций) и типизация технологических процессов производства переменных резисторов;

в) разработка теории расчета электрических параметров и создание теории расчета элементов конструкции переменного резистора.

1. АНАЛИЗ ТЗ

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

1. сопротивление 900 Ом;
2. номинальная мощность P=0,6 Вт;
3. обеспечить логарифмическое перемещение элемента
4. выпуск: 500 шт./год;
5. условия эксплуатации: – УХЛ4.2 ГОСТ 15150-69.

Согласно ГОСТ 15150-69 резистор должен соответствовать климатическому исполнению для микроклиматических районов с умеренным и холодным климатом в лабораториях при среднегодовом минимуме температуры ниже -45°С.

Исходя из данных, для обеспечения приемлемых габаритных размеров, формы, а также для простоты изготовления в качестве материала для резистивного элемента выбираем манганин – медно-марганцевый сплав. Необходимо обеспечить хороший контакт пружины токосъема к резистивной проволоке при минимальном контактном усилии и надёжную фиксацию установленного сопротивления.

Для резистивного элемента нужно выбирать каркас прямоугольного сечения, так как необходимо обеспечить логарифмическое перемещение элемента .

Номинальная мощность резистора равна 0,6 Вт. Согласно классификации такая мощность относит его к классу резисторов средней мощности.

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 степени зависит от заданных характеристик. После анализа технического задания стало известно, что конструируемый резистор должен иметь каркас прямоугольного сечения, с однослойной намоткой с фиксированным шагом, что позволяет добиться наименьших отклонений от заданного сопротивления, что важно для элементов измерительной аппаратуры.

Аналогичными конструкциями для данного резистора являются конструкции проволочных резисторов СП5-1, СП5-4. В этих резисторах регулировка сопротивления осуществляется с помощью микрометрических винтов. Недостатком этой конструкции является сложность, обусловленная тем, что здесь используются 2 независимых токосъема, что не требуется для разрабатываемого резистора.

Более подходящую конструкцию имеют резисторы СП5-14 и СП5-15. Кроме более простого исполнения данные резисторы имеют подходящую форму контактной пружины. Контактная пружина данного резистора имеет вид консольной балки, что позволяет выбрать значения контактного усилия в довольно широких пределах. Отрицательной стороной данных резисторов является их герметичность, что не позволяет делать разборку резистора.

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

* перемещение скользящего контакта производить с помощью метрического винта;
* фиксация установленного сопротивления с помощью пружин;
* токосъем выполним в виде консольной пружины круглого сечения;
* корпус резистора не герметичный, так как условия работы – лаборатории, и другие подобные помещения.

3. Электрический и конструктивный расчет

3.1 Расчет резистивного элемента

Определим ток, протекающий через наш резистивный элемент, по формуле [1]:

(3.1.1)



где I – ток, А; Р – мощность, Вт; R – сопротивление, Ом.



Зная ток, определим диаметр проволоки по формуле [1]:

(3.1.2)



j - плотность тока выбираем ,учитывая условия температурной стабильности и малые габаритные размеры будущего резистора j=1.8,так как проектируемый резистор должен быть достаточно маломощным ,а также сила тока I=26мА - довольно небольшая величина. Из конструктивных соображений диаметр провода резистивного элемента выбираем d=0.15мм.



При таком диаметре проволоки ее длина должна равняться:

, (3.1.3)



где ρ –удельное электрическое сопративление, Ом·мм2/м, для Манганина составляет 0,5 Ом·мм2/м



Выбираем размеры каркаса:

D=3…5 См



Для обеспечения требуемой разрешающей способности =0,01%,D=0.5мм,



Определяем полезную длину намотки по формуле:

B=0.85 ;



B=0.85



Количество витков, которое можно разместить на этой длине, определяется по формуле:

;



N=,



где шаг намотки ,он равен d=



коэффициент численно равный шагу намотки к диаметру провода.



Разрешающая способность проектируемого резистора определяем по формуле:

; ,



где N- количество витков

=0,011%



Это соответствует заданной разрешающей способности.

Площадь поверхности резистивного элемента определяем по формуле:

; ,



где d-диаметр провода=0,15мм

R-сопротивление проектируемого резистора=900Ом



Определяем ширину каркаса при помощи расчета:

Так как проектируемый резистор должен обладать логарифмической функциональной характеристикой ,то ширина каркаса будет не одинаковой и поэтому необходимо с начало рассчитать по какому закону будет изменяться ширина каркаса:

; ,



где значение высот каркаса(каркас мы разбиваем на прямоугольники ,высоты которых изменяются по логарифмическому закону. Количество таких прямоугольников выбираем равным 8.Из конструктивных соображений ,а



-определяем по формуле:



; ,



где угол укладки провода на каркас .При использовании данного провода



Коэффициент учитывающий особенности изгиба проволоки на каркас, берём равным 1,05.



Тогда:

;;;;;;;



3.2 Теплотехнический расчет

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

(3.2.1)



где ϑ – температура перегрева резистивного элемента, град;

P – мощность рассеяния, Вт;

μ – среднее значение коэффициента теплоотдачи =,



Вт/мм2·град;

Sр.е. – площа поверхности резистивного элемента, из формулы 3.1.7

Тогда:



Максимальная температура нагрева равна резистивного элемента определяется по формуле:

;



Т0 –температура окружающей среды=60С



С



Это температура меньше рабочей температуры материалов, входящих в рассчитываемый резистор.

3.3 Расчет частотных характеристик

Расчет индуктивности резистивного найдем по формуле:

(3.3.1)



где L – индуктивность резистивного элемента, Гн;

N – количество витков резистивного элемента;

Dк – диаметр каркаса, мм;

k3 – коэффициент, зависящий от соотношения Dk/b, при Dk/b= 0.36, k3=0.11.



Расчет собственной емкости резистивного элемента производится по формуле:

С=0.1k1k2Dk (3.3.2)

где С – собственная емкость, пФ;

k1 – коэффициент, зависящий от соотношения между шагом намотки tн и диаметром резистивной проволоки;

k2 – коэффициент, зависящий от соотношения между длиной намотки резистивного элемента l0 и диаметром каркаса резистивного элемента dк;

Dк –диаметр каркаса резистивного элемента, мм.

Для соотношения /d = 4 и b/d = 1 коэффициенты k1 и k2 согласно [3] принимают значения:



k1 = 0,4,

k2 = 1,1.

Тогда:



Постоянная времени определяется по формуле равна:

;



3.4 Расчет контактной пружины

При выборе материала пружины надо выбрать материал, имеющий высокую электропроводность, твердость, стойкость против сваривания, высокую износоустойчивость в паре с выбранной проволокой. Таким материалом является сплав ПСр-25 ГОСТ 6836-72. Конструкцию выбираем в виде консольной пружины круглого сечения.

Диаметр такой пружины определяется согласно формуле:

(3.4.1)



где dпр – диаметр пружины, мм

Fk – минимальное контактное усилие,

Е − модуль упругости, кг/мм2

σ − напряжение в материале пружины, кг/мм2

fв − максимальная частота вибраций,1/сек

γ − плотность материала пружины



# Длину пружины определим по формуле [2]:

(3.4.2)



Определим прогиб пружины под действием контактного усилия

(3.4.3)



(мм)



При таких характеристиках пружины, резистор будет иметь заданный ресурс работы, и обеспечивать хороший контакт.

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=34,4м). При той же длине он займет меньше места, чем цилиндрический.

Токосъем производится с помощью контактной пружины, выполненной из сплава серебра 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 латунная марки ВР02 имеет минимальный ТКС, что значительно повышает стабильность установленного сопротивления. Такая проволока обеспечивает высокое сопротивление (R=900 Ом), при диаметре проволоки d=0,15 мм. Шаг намотки мм обеспечивает разрешающую способность δ=0,01%.



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.

##### 5. Уточнение и описание конструкции

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

В данной конструкции электрический контакт обмотки с выводом создается таким образом: конец резистивного провода зачищается от изоляции и припаивается к выводам. Для фиксации намотки используется дополнительное крепление – пропитка её изоляционным лаком. Крепление резистивного элемента производится клеем в специальном пазе.

Сама конструкция представляет собой пластмассовый корпус с впрессованными в него выводами. В корпус вклеивается резистивный элемент, представляющий собой изолированный цилиндрический каркас, на который намотана резистивная проволока. В корпусе резистора предусмотрены отверстия, в которые вставлен микрометрический винт. Для исключения продольного смещения винт закреплен штифтом. В корпус вклеена токосъемная шина. Представляющая собой металлическую пластину. Вместе с пластиной изготовлен вывод, который отведен в отверстие корпуса. На винте располагается изоляционная гайка, на которой укреплена контактная пружина. Контактная пружина, с одной стороны, контактирует с резистивным элементом, а с другой – с токосъемной шиной. С целью обеспечения надежной работы резистора при реализации зачистки необходимо руководствоваться такими требованиями: глубина зачистки 150 – 200 мкм; класс томности 8 – 9.

Каркас резистора имеет переменную ширину, это обеспечивает необходимый закон изменения сопротивления. Каркас анодируем, а затем покрываем двумя слоями изоляционного лака.

ПАСПОРТ

Данный резистор предназначен для использования в измерительной аппаратуре.

Электрические данные:

1. Номинальная мощность Р = 0,6 Вт

2. Сопротивление R = 900 Ом

3. Электрическая разрешающая способность



4. Собственная индуктивность L = 32 мкГн

5. Собственная ёмкость С = 1,1 пФ

6. Постоянная времени τ = 0,35 мкс

Конструктивные данные:

1. Диаметр контактной пружины dпр = 0.3 мм
2. Длина контактной пружины lпр = 9,2 мм
3. Количество витков N = 16
4. Диаметр проволоки d = 0,4мм
5. Длина проволоки L = 32,4м
6. Шаг намотки мм



1. Длина каркаса l = 138 мм
2. Диаметр каркаса D = 50 мм

Условия эксплуатации:

Климатические УХЛ 4.2. ГОСТ 15150-69

## 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.

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

Конструкция надежна и долговечна, подлежит ремонту и замене, резистор пригоден для серийного производства.

## ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. М.Н. Мальков, В.Н. Свитенко Устройства функциональной электроники и электрорадиоэлементы, часть I. Харьков: ХИРЭ, 2002. – 140с.

2. М.Т. Железнов, Л.Г. Ширшев. Проволочные резисторы. М. Энергия.2000. – 240 с.

3. Резисторы: Справочник. Под ред. И.И. Четверткова и В.М. Терехова. – М.: Радио и связь, 1991. – 528 с.