# ВВЕДЕНИЕ

Повышение качества выпускаемой продукции, снижение затрат на её производство, повышение срока службы и надёжности выпускаемых изделий, рациональное использование материалов, дальнейшее развитие унификации и нормализации являются основными задачами современной радиоэлектронной промышленности. Это тесно связано с повышением качественных показателей составляющих их электрорадиоэлементов (ЭРЭ). Поэтому вопросы проектирования и рационального использования этих элементов очень важны для разработчиков радиоэлектронной аппаратуры.

Практически все исполнительные системы, в том числе и радиоэлектронные, содержат различные элементы коммутации. Их функциональные возможности обусловили широкое применение таких элементов в системах: автоматики и телемеханики; сигнализации; контроля и защиты; распределения электрической энергии; коммутации линий связи и передачи информации; резервирования и сопряжение устройств, работающих на различных принципах действия или энергетических уровнях; дистанционного управления исполнительными устройствами, а так же в системах ручного управления электронных аппаратов (ЭА). С ростом уровня автоматизации и функциональным усложнением ЭА непрерывно возрастает число применяемых коммутационных устройств и возрастает ответственность выполняемых ими функций.

Разнообразие требований, возникающих в процессе проектирования современных ЭА, привело к появлению большого числа разновидностей коммутационных устройств, различающихся по назначению, принципу действия, конструктивному исполнению, схемотехническим параметрам и другим признакам, определяющим их технические возможности и область применения. Развитие каждой разновидности коммутационных устройств отражает непрерывное повышение требований к их эксплуатационным и функциональным параметрам. Общие требования сводятся к снижению

энергии, используемой для управления, увеличению быстродействия, улучшению качества коммутации (недопустимость вибрации контактов, формирование импульсов с крутыми фронтом и срезом и т.п.), повышению надёжности, обеспечению конструктивно-параметрической совместимости с другими элементами ЭА.

Данный курсовой проект посвящен разработке кнопки, которая предназначена для коммутации электрических цепей постоянного и переменного тока низкой частоты. В ходе выполнения проекта на основе анализа требований технического задания, обзора аналогичных конструкций сформулированы дополнительные требования к будущему изделию и произведен выбор направления проектирования. Произведен расчет кнопки, выполнена эскизная проработка ее элементов и разработана общая конструкция изделия. Все принятые конструкторские решения подкреплены соответствующими расчетами.

# 1. АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

Кнопка предназначена для коммутации электрических цепей постоянного и переменного тока низкой частоты в стационарных электронных аппаратах и относится к коммутационным устройствам ручного управления.

Согласно техническому заданию кнопка должна обеспечивать замыкание при следующих характеристиках:

* коммутируемое напряжение до 30 В;
* коммутируемый ток до 4 А;
* количество цепей 2.

Исходя из этих параметров, нужно обеспечить надёжную изоляцию между контактными парами, а также корпусом.

Высокочастотный переключатель предназначен для эксплуатации в радиоизмерительной аппаратуре, то есть в помещениях и на открытом пространстве. Климатическое исполнение переключателя должно соответствовать категории УХЛ 4.2 ГОСТ 15150-69, что предполагает следующие нормы воздействий [1]:

- воздействия температуры:

1) предельное верхнее значение+40°С;

2) верхнее значение+35°С;

3) среднее значение+20°С;

4) нижнее значение+10°С;

5) предельное нижнее значение+1°С.

- воздействия относительной влажности при +20°С:98%,

- атмосферное давление воздуха окружающей среды: 86-104 кПа.

Данные условия эксплуатации не предусматривают необходимости в особых конструктивных мерах по защите изделия от воздействий факторов внешней среды.

Габариты и масса разрабатываемого переключателя должны быть незначительные, что обусловлено не большими рабочими значениями коммутируемых токов и рабочих напряжений.

Запланированная программа выпуска 5000 шт. в год обусловливает изготовление переключателя в условиях мелкосерийного производства. При этом его конструкция должна быть не сложной, выполнена с учетом типовых технологических операций и при ее изготовлении должен быть использован распространенный сортамент конструкционных материалов [2].Также необходимо обеспечить минимальную стоимость изделия.

Таким образом использование при производстве кнопки операций типового технологического процесса изготовления призвано увеличить экономический эффект и снизить себестоимость производства.

# 2. ОБЗОР АНАЛОГИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Рассмотрим общие тенденции развития и существующие конструктивные решения относительно переключателей с ручным управлением.

Коммутационные устройства ручного управления предназначены для коммутации электрических цепей с помощью ручного привода. В зависимости от способа управления приводным механизмом они подразделяются на следующие группы [2]:

- нажимные (кнопочные);

- перекидные (тумблеры);

- поворотные (галетные и барабанные);

- движковые.

Каждый из способов управления имеет свои преимущества и недостатки. Например, с точки зрения оперативности (быстродействия) и удобства работы оператора предпочтение отдаётся нажимному способу управления. Однако при этом способе управления усложняются устройства надёжной фиксации кнопок в определённых положениях. В настоящее время более или менее чёткая фиксация обеспечивается не более чем в двух положениях, что является недостатком нажимного управления. Кроме того, для индикации фиксированного положения кнопок нужны специальные индикаторы и защита от случайного нажатия.

При перекидном способе управления в тумблерах обеспечивается более надёжная фиксация положения приводного механизма, а индикация состояния определяется положением рычага. Недостатками перекидного способа являются значительные усилия на рычаг для перевода тумблера из одного положения в другое, а также малое число положений (полюсов) при переключении (не более трёх).

Наибольшая многополюсность (множество положений) реализуется при

 поворотном способе управления. Благодаря особенностям конструкции в поворотных переключателях обеспечивается малое и стабильное сопротивление контактов.

При движковом способе управления надёжная фиксация переключателя обеспечивается в двух положениях. Применяются движковые переключатели в аппаратуре, у которой выступающая часть приводного механизма должна быть малой.

Коммутационные устройства ручного управления бывают, как мгновенного действия, когда скорость их перехода из одного состояния в другое практически не зависит от скорости перемещения привода, так и обычного. К коммутационным устройствам мгновенного действия относятся кнопки и микротумблеры на базе микропереключателей.

В зависимости от степени защищённости от факторов окружающей среды коммутационные устройства ручного управления бывают:

- пылебрызгозащищенные;

- герметические;

- с применением герконов и др.

Для нормальных условий эксплуатации применяются обычные конструктивные меры обеспечения работоспособности.

Коммутационные устройства ручного управления в зависимости от рабочей частоты подразделяются на:

- низкочастотные;

- высокочастотные.

Рабочая частота определяет номенклатуру материалов, использующихся для изготовления переключателей, зазоры и размещение токоведущих элементов в конструкции.

К основным, контролируемым при проектировании, параметрам коммутационных устройств ручного управления относятся [3]:

* усилие или момент переключения;
* число положений переключения;
* способ фиксации;
* диапазон коммутируемых напряжений;
* диапазон коммутируемых токов;
* максимальная коммутируемая мощность;
* сопротивление электрических контактов;
* максимальное число переключений;
* сопротивление изоляции;
* электрическая прочность изоляции;
* ёмкость между соседними контактами;
* диапазон окружающей температуры;
* диапазон атмосферного давления;
* вибро- и ударостойкость;
* габаритные масса и размеры и др.

На основании вышесказанного для проектируемой кнопки в качестве способа управления приводным механизмом выбираем нажимный способ. Достоинством кнопок является их быстродействие и удобство работы оператора.

Особенностью кнопок является разъемный контакт, в конструкции которых нетрудно предусмотреть самозачистку контактов при замыкании и размыкании.

# 3. РАСЧЕТ КНОПКИ

3.1 Электрический и конструктивный расчет кнопки

После выбора материала определяют необходимое контактное усилие Fk определяется по формуле согласно известной методике[1]:

, (3.1)

где Iк – значение тока, протекающего через контакт.

 (мм2).

Контактное усилие.

, кгс (3.2)

 (кгс)

Выбираем материал для контактов.

Согласно рекомендациям [5], для изготовления контактов разрабатываемого переключателя подходят следующие материалы [6]:

- бронза бериллиевая БрБ2 ГОСТ 18175-78;

- латунь Л62 ГОСТ 15527-70.

Бронза бериллиевая БрБ2 содержит 1,8-2,2% бериллия, 0,2-0,5% никеля, 0,5% примесей, остальное медь. Обладает хорошими упругими, механическими и антикоррозионными свойствами, более высоким сопротивлением усталости, высокой твёрдостью и электропроводностью по сравнению с другими бронзами, антимагнитна. Применяется для работы в магнитных и электрических полях и в агрессивных средах при нормальной температуре. Латунь Л62 обладает удовлетворительными упругими и механическими свойствами, хорошей электро- и теплопроводностью, повышенной коррозионной стойкостью. Основные характеристики данных материалов приведены в таблице 3.

Таблица 3.1 – Основные характеристики материалов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Материал контакта | Марка материала | ρi, мкОм⋅мм | Еi, кгс/мм2 | νi | bi | К2 | Ri, мм | hm i, мм | μi |
| 1 | Бронза БрБ2 | 70 | 1,25⋅104 | 3 | 5 | 0,12 | 0,05 | 0,001 | 0,3 |
| 2 | Латунь Л63 | 74 | 1⋅104 | 3 | 5 | 0,12 | 0,05 | 0,001 | 0,3 |

Рассчитываем переходное сопротивление

Расчёт активной составляющей переходного сопротивления на высоких частотах производится по формуле

, Ом (3.3)

где f – частота (в нашем случае f = 10 МГц);

 – относительная магнитная проницаемость материала контакта;

D – диаметр кажущейся поверхности;

R – радиус выступов микронеровностей;

hm – максимальная высота микровыступов;

Е – модуль упругости первого рода;

Pк – контактное усилие;

 –удельное электрическое сопротивление;

 – средняя величина удельного давления на проводящем участке переходной зоны:

, (3.4)

где a – радиус контактной площадки, который находится из уравнений Герца:

; (3.5)

 – максимальное контактное давление в центре контактной зоны (также определяется по уравнениям Герца):

; (3.6)

 – средняя глубина проникновения тока, мм:

; (3.7)

с – коэффициент, зависящий от качества обработки поверхности:

 (3.8)

где b, K2, и ν – параметры, зависящие от вида обработки контактной поверхности.

При контактировании двух шероховатых поверхностей в формулы (3.3) - (3.8) подставляются приведённые, получаемые по расчету по данным таблицы 3.1, значения ν, b, R, E, hm и К2, которые определяются следующим образом:

, мкОм∙мм, (3.9)

  (мкОм∙мм)

, (3.10)

 .

, (3.11)

где k1 – коэффициент зависящий от ν1 и ν2 (k1=0,05).

.

 , мм (3.12)

 (мм).

, кгс/мм2 (3.13)

 (кгс/мм2).

, мм (3.14)

 (мм).

, (3.15)

.

Подставляем полученные данные в исходные формулы:

;

 (мм);

 (кгс/мм2);

 (мм);

 (кгс/мм2).

Подставляем полученные значения в (3.3), находим:



 (Ом).

Определим температуру локального перегрева.

, (3.16)

где ρ – удельное электрическое сопротивление тела контакта;

λ – теплопроводность материала контактов;

Rп – переходное сопротивление;

I – ток проходящий через контакт.

Таблица 3.2 – Исходные данные для теплового расчета

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Материал | ρ, мкОм⋅мм | I, А | Rп, Ом | λ, Вт/мм∙°С |
| Бронза БрБ2 | 70 | 0,15 | 3,148∙10-4 | 0,61∙10-7 |
| Латунь Л63 | 74 | 0,15 | 3,148∙10-4 | 0,82∙10-7 |

Оценим температуру локального перегрева для бронзы БрБ2:

 (°С).

Оценим температуру локального перегрева для латуни Л62:

 (°С).

Полученные значения перегрева обеспечивают значительную температурную стабильность контакта, т.е. протекающий ток не вызывает изменение параметров перехода.

Ёмкость между контактными пружинами.

Вычисляем минимально допустимое расстояние b, обеспечивающее заданное сопротивление изоляции между контактными пружинами, которое приведено на рис. 3.1.



Рис 3.1 Cопротивление изоляции между контактными пружинами

, мм (3.17)

где Rиз - сопротивление изолятора, Rиз = 2,5⋅109 Ом;

L, l – параметры соединения, L = 7 мм, l = 2 мм;

ρs – удельное поверхностное сопротивление материала изолятора, на котором укреплены контактные пружины, ρ = 1012.

 (мм).

Определяем ёмкость между контактными пружинами

  (3.18)

где ε - диэлектрическая проницаемость материала изолятора, ε = 4;

H – толщина изоляции, H = 2 мм.

 (пФ).

Ёмкость переходной зоны вычисляем по следующей формуле:

 (3.19)

где ε0 – диэлектрическая постоянная;

ε1 – относительная диэлектрическая проницаемость воздушного промежутка между контактными поверхностями;

аm – наибольшее внедрение:

, мм(3.20)



(мм).

Величина контактного усилия  вычисляется по формуле:

, (3.21)

где  – площадь наружной зоны кажущейся контактной поверхности:

 (3.22)

Подставив значения в формулы (3.21) и (3.22), имеем:

 (мм2);

 (кгс).

Найдем величину емкости переходной зоны из (3.19)



(Ф).

Полученное значение емкости меньше заданного по требованиям технического задания.

Рассчитываем усилие, необходимое для перемещения контактов.

, кгс (3.23)

где  - коэффициент, учитывающий колебание жёсткости упругого элемента в зависимости от изменения размеров и модуля упругости,

 = 1;

 - коэффициент, учитывающий влияния погрешности изготовления контактного узла,  = 1;

 - коэффициент погрешности установки контактной пары в приборе (перекосы, непараллельности и т.п.);  = 1,05;

 - коэффициент, учитывающий изменение коэффициента трения от пыли, грязи, оксидных плёнок и т.п.,  = 1,05;

 - температурный коэффициент,  = 1,3;

N – количество упругих элементов.

Имеем:

 (кгс).

# 4. ЭСКИЗНАЯ ПРОРАБОТКА ЭЛЕМЕНТА

Эскиз общего вида разработанного высокочастотного переключателя в разобранном состоянии представлен на рис.4.1.



1 – винты; 4 – шарики;

2 – крышка; 5 – основание;

3 – ручка;6 – контакты

Рисунок 4.1 – Малогабаритный переключатель кругового вращения

Согласно представленному рисунку 4.1, конструкция спроектированного высокочастотного переключателя состоит из: основания с контактами, поворотной ручки, пружин, шариков и крышки. При сборке ручка, поворотом которой производиться замыкание контактов переключателя, зажимается между основанием и крышкой. Крышка к основанию крепиться непосредственно четырьмя винтами М1.5х6g-6 ГОСТ 17475-80. Фиксация положения переключателя осуществляется в результате западания шарика в позиционное отверстие, выполненное на крышке. При этом необходимое контактное усилие обеспечивается пружинами.

Ручка и основание переключателя выполнены из пресс-порошка марки К‑81‑39 методом прессования. Детали, изготовленные из этого материала,

обладают рядом достоинств: имеют точную форму, приятный внешний вид, почти не требуют механической обработки и обладают достаточно высокими механическими и электроизоляционными свойствами.

Конструкция переключателя технологична, что позволяет организовать ее выпуск в условиях мелкосерийного производства.

Спроектированная конструкция высокочастотного переключателя полностью отвечает требованиям технического задания и современным требованиям к подобного класса функциональным элементам.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В курсовом проекте, согласно требованиям технического задания, был спроектирован высокочастотный переключатель кругового вращения, предназначенный для коммутации сигналов частотой до 10 МГц.

В ходе выполнения проекта произведены: выбор конструкционных материалов, необходимые расчеты конструктивных, электрических, механических и тепловых параметров изделия. Конструкция отработана на технологичность с учетом ее предполагаемого выпуска в условиях мелкосерийного производства.

Достоинствами конструкции разработанного переключателя являются – малые габариты, хорошие электрические характеристики, технологичность и относительная простота. Изделие имеет хорошие экономические показатели, т.к. имеет низкую себестоимость (в конструкции нет дорогостоящих материалов). К недостаткам следует отнести - необходимость соединительных проводов от переключателя к коммутируемым элементам при электрическом монтаже внутри блока ЭА, что приводит к увеличению паразитных связей.

Спроектированная конструкция высокочастотного переключателя полностью отвечает требованиям технического задания и современным требованиям к подобного класса функциональным элементам.

# ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнение для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.
2. Рычина Т.А. Электрорадиоэлементы. М.: «Сов. Радио», 2006.
3. Белоусов А.К. Электрические разъёмные контакты в радиоэлектронной аппаратуре. Изд. 2-е перераб. и доп. - М.: Энергия, 2005.
4. Акимов Н.Н. и др. Резисторы. Конденсаторы. Трансформаторы. Дроссели. Коммутационные устройства РЭА. Справочник. – Минск: Беларусь, 1994.
5. Свитенко В.Н. Электрорадиоэлементы: Курсовое проектирование: Учебное пособие для вузов по спец. «Конструирование и производство РЭА». – М.: Высш. шк., 1987. – 207 с.
6. Левин А.П. Контакты электрических соединителей радиоэлектронной аппаратуры (расчёт и конструирование). - М.: «Сов. Радио», 1972. - 216 с.