

**Электрические прямоугольные соединители.
Электрические соединители с контактной парой «щеточного типа»**

Современный уровень развития отечественной электроники, авиации, космонавтики и других отраслей техники ставит задачу создания многоконтактных электрических соединителей с низким усилием сочленения-расчленения, обладающих высокими техническими характеристиками и высокой надежностью. Решить такую задачу можно лишь путем теоретического и экспериментального исследований на основе использования современных достижений науки и техники.

Александр Сафонов,
к.т.н., доцент
Леонид Сафонов

Введение

Электрические контакты, а соответственно и электрические соединители, являются неотъемлемыми элементами любой радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). С увеличением сложности разрабатываемой РЭА значительно возрастает и количество используемых в ней электрических соединителей. Если раньше, на стадии развития радиоэлектроники, отдельные радиоэлектронные приборы содержали не более десятка электрических контактов, то теперь современные радиоэлектронные устройства, особенно наземной РЭА, насчитывают уже более 300-500 тысяч электрических контактов.

Современное развитие промышленности, авиации, космонавтики, оборонной техники и средств связи, требует создания высокотехнологичных с большими функциональными возможностями электрических соединителей высокой надежности. В последнее время на передовые позиции выходит применение многофункциональных соединителей, которые позволяют организовать в РЭА не только цепи питания и управления, но и передачу высокочастотных и сверхвысокочастотных сигналов, производить соединения оптоволоконных кабелей, передавать электромеханические, пневматические и другие сигналы.

Несмотря на важность функций, которые они выполняют, и на такое широкое применение электрических контактов, их надежность еще недостаточна и зачастую значительно снижает надежность всего радиоэлектронного устройства. Проблема межсоединений, или «тирания межсоединений» - так называют эту проблему специалисты – составляет до 80 % дефектов в РЭА.

Так, например, в мощных передатчиках нередки случаи обгорания контактов, искажения формы и амплитуды проходящего через них сигнала, излучения электромагнитной энергии из переходной зоны, появления выброса ложного сигнала или провала рабочего, самовозбуждения колебательного контура и т.д.

Из-за низкого качества электрических контактов в приемной аппаратуре возникают ложные сигналы, а контактные шумы по своему уровню могут превышать принимаемые сигналы. Причем для электрических контактов характерно, что отказы происходят не столько при испытании и настройке аппаратуры, а значительно позже – в процессе эксплуатации, когда аппаратура должна работать с высокой степенью надежности и когда отказы могут привести к серьезным последствиям. Особенно это критично для электронных изделий высокой эффективности, где непрерывное функционирование и срабатывание по запросу является весьма существенным, где не допускается сбоев, а условия эксплуатации являются чрезвычайно тяжелыми.

Решить задачу создания надежных электрических соединителей с контактами требуемых параметров можно лишь путем теоретического и экспериментального исследований физических явлений, происходящих при работе контактов в различных режимах эксплуатации и условиях воздействия внешних факторов.

Несмотря на большое число работ и разнообразие их направлений, проблема создания многоконтактных, высоконадежных электрических соединителей с малым усилием сочленения-расчленения до сих пор в полной мере не решена.

В связи с этим предлагается рассмотреть вариант контактной пары т.н. щеточного типа и создания на его основе высокотехнологичных соединителей с требуемыми параметрами.

Анализ контактных пар

В настоящее время известно большое количество разнообразных контактных пар применяемых в электрических соединителях. Только на ОАО «Карачевский завод «Электродеталь» при производстве прямоугольных электрических соединителей их используется около 50-ти видов конструкций. Многие из них достаточно широко описаны в специальной литературе. Среди существующих конструкций электрических контактных пар имеются высоконадежные и низконадежные, технологичные и нетехнологичные, требующие большого количества дефицитных материалов и трудозатрат и совсем простые по конструкции из широко распространенных материалов.

Таким образом каждая из контактных пар может обладать и определенными достоинствами и недостатками и выбрать наиболее подходящую для каждого конкретного случая – это достаточно сложная задача.

Так, например, практически все высоконадежные контактные пары характеризуются сравнительно большим контактным давлением, а соответственно и сравнительно большим единичным усилием сочленения – расчленения. Получается, что разработать на основе такой контактной пары многоконтактный (на 500 – 1000 контактов) электрический соединитель с низким суммарным усилием сочленения-расчленения не представляется возможным. С другой стороны, применив существующие конструкции контактных пар с малым контактным давлением, мы не сможем обеспечить соединителю соответствие требуемых параметров (низкое переходное сопротивление, допустимый перегрев, динамическую нестабильность и др.) в жестких условиях эксплуатации, а соответственно и необходимую надежность.

Идеальным вариантом для реализации вышеуказанных условий мог бы стать многоконтактный электрический соединитель с контактной парой изготовленной из электротехнического материала с эффектом памяти формы. О принципе работы такой контактной пары мы подробно говорили в работе «Электрические контактные пары на основе сплавов с эффектом памяти формы».

Однако создание такой контактной пары с заданными техническими параметрами требует значительных теоретических и экспериментальных исследований, а также, что является не менее важным, создание электротехнических материалов с эффектом памяти формы.

Возможность существования такой контактной пары доказано опытными работами, проведенными на ОАО «Карачевский завод «Электродеталь»». В рамках этих работ были изготовлены образцы контактной пары из сплава никелида титана (Ti Ni) (или как его принято называть за рубежом – нитинол) на которых было подтверждено существование реверсивных эффектов памяти формы, когда контакт при одной температуре «вспоминает» одну форму, а при другой температуре другую, тем самым в нашем случае обеспечивая различные контактные давления.

Контактная пара щеточного типа

Рассмотрим возможность создания надежного многоконтактного соединителя с низким усилием сочленения-расчленения на основе, так называемой контактной пары щеточного типа, наиболее отвечающей, по нашему мнению, поставленной задаче.

Контактная пара щеточного типа – это контактная пара на основе двух взаимносочленяющихся пучков проволок (щеток) (Рис. 1)

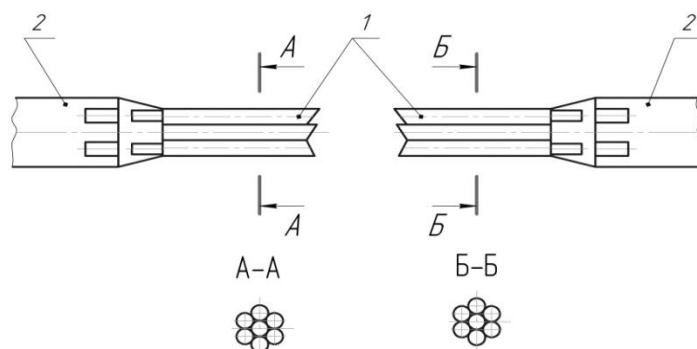


Рис. 1 Контактная пара щеточного типа (до сочленения)
 где: 1 – проволоочки, срезанные под углом
 2 – втулки, в которые вставлены и закреплены проволоочки.

Такая конструкция контактной пары известна, однако каких-либо методов ее расчета и сведений о серийной выпуске в доступных источниках нет.

При встречном движении два пучка коротких гибких проволоочек входят друг в друга и обеспечивают надежный электрический и механический взаимный контакт. Схема сочленения представлена на рис. 2.

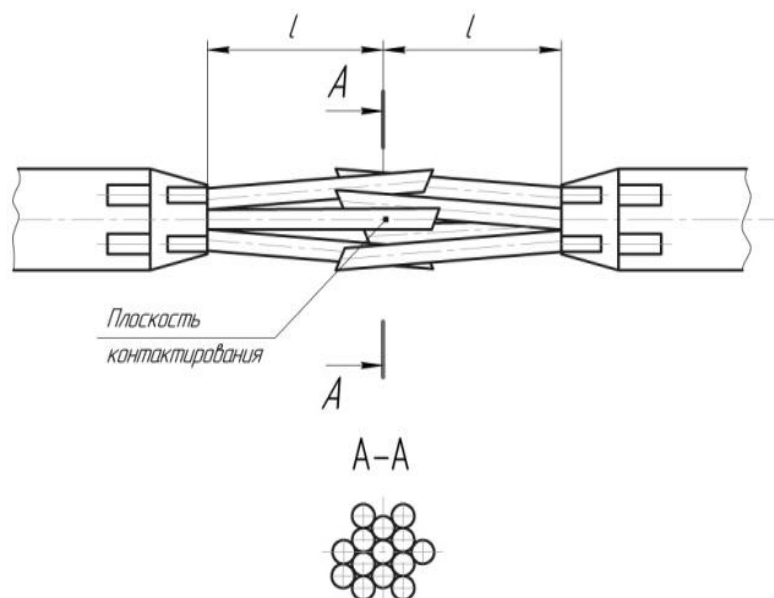


Рис. 2 Щеточный контакт в сочленном состоянии.

Если рассмотреть поперечное сечение сочлененных пучков проволок, состоящих из 7 проволоочек каждый, то можно увидеть, что это сечение представляет собой 14 окружностей расположенных в плотном соприкосновении друг с другом (Рис. 2, сечение А-А).

Данное расположение проволочек обеспечивает наличие значительного числа контактных точек в этой контактной паре, взаимное уравнивание контактных давлений и как следствие комплекс свойств:

- высокая стойкость контакта к воздействию механических нагрузок;
- низкое и стабильное контактное сопротивление;
- возможность работы на микротоках;
- малое усилие сочленения-расчленения.

Расчет основных элементов контактной пары

С целью определения оптимальных геометрических элементов контактной пары были проведены следующие расчеты.

На основании схемы контактирования (рис. 2) максимальное перемещение сечения контактной проволочки, входящей в пучок равно ее диаметру, т.е. расчет пружинящегося элемента контактной пары (проволочки) проводится по следующей схеме (рис. 3).

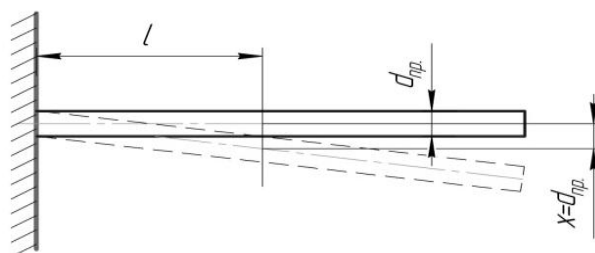


Рис. 3 Расчетная схема

где: l – расстояние до плоскости контактирования от места заделки проволочек;

x – перемещение пружинящего элемента в плоскости контактирования от своего номинального положения.

Таким образом, имея длину консольной балки и ее перемещения в данном сечении и используя известные формулы из теории сопротивления материалов определим контактные давления в точках контактирования и напряжения изгиба в точках заделки контактных пружин (проволочек), при различных величинах их диаметра и различных расстояниях плоскости контактирования от места их заделки.

Расчет проводим по формулам:

$$V = \frac{Pl^3}{3EJ} \quad (1)$$

где: V – перемещение сечения проволочки в месте ее контактирования;

P – усилие в точке контактирования (контактное давление);

l – длина консоли (расстояние от места заделки до плоскости контактирования);
 E – модуль упругости материала проволоочки;
 J – момент инерции сечения.

Для круглого сечения момент инерции равен $J = \frac{\pi d^4}{64}$ (2)

Тогда $P = \frac{V^3 J}{l^3}$;

Определим P (контактное давление) исходя из следующих условий:

Принимаем $V = d$ проволока ДКРПТ БрБ2 ГОСТ 15834-77 (проволока из бериллиевой бронзы) со следующими характеристиками:

$E = 1,35 \times 10^6 \text{ кг/см}^2$ (модуль упругости)

$\sigma_{0,005} = 100 \text{ кг/мм}^2$ (предел упругости)

$l = 3 \text{ мм}; 4 \text{ мм}; 5 \text{ мм}; 6 \text{ мм}.$

Максимальное напряжение в проволоке в месте заделки определяем по формуле:

$$\sigma = \frac{M}{W}; \quad (4)$$

Где: M – изгибающий момент

$$M = P \times l; \quad (5)$$

W - момент сопротивления

$$W = \frac{\pi d^3}{32}; \text{ (для круглого сечения)} \quad (6)$$

Проводим пример расчета контактного давления P и максимального напряжения в месте для

$l = 4 \text{ мм.}$ и d проволоки = 0,2 мм:

$$P = \frac{V^3 E J}{l^3};$$

$V = 0,02 \text{ см};$

$$J = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{3,14 \times 0,02^4}{64} \approx 0,785 \times 10^{-8} \text{ см}^4;$$

Тогда:

$$P = \frac{0,02 \times 3 \times 1,35 \times 10^6 \times 0,785 \times 10^{-8}}{0,4^3} \approx 0,01 \text{ кг} = 10 \text{ г.}$$

$$\sigma = \frac{M}{W};$$

$M = P \times l = 0,01 \times 0,4 = 0,004 \text{ кгхсм.}$

$$W = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{3,14 \times 0,02^3}{32} \approx 0,785 \times 10^{-6} \text{ см}^3;$$

Тогда:

$$\sigma = \frac{0,004}{0,785 \times 10^{-6}} \approx 5,1 \times 10^3 \text{ кг/см}^2 = 51 \text{ кг/мм}^2$$

Проведем аналогичные расчеты для указанных ранее диаметров проволочек (0,15 мм. и 0,25 мм.) и расстояний от места заделки проволочек до плоскости контактирования $l = 3 \text{ мм}; 5 \text{ мм}; 6 \text{ мм}.$

Для удобства анализа на основе расчетов построим графики зависимости контактного давления в плоскости контактирования и максимальных напряжений в точках заделки от диаметров проволочек и расположения плоскостей контактирования (рис. 4).

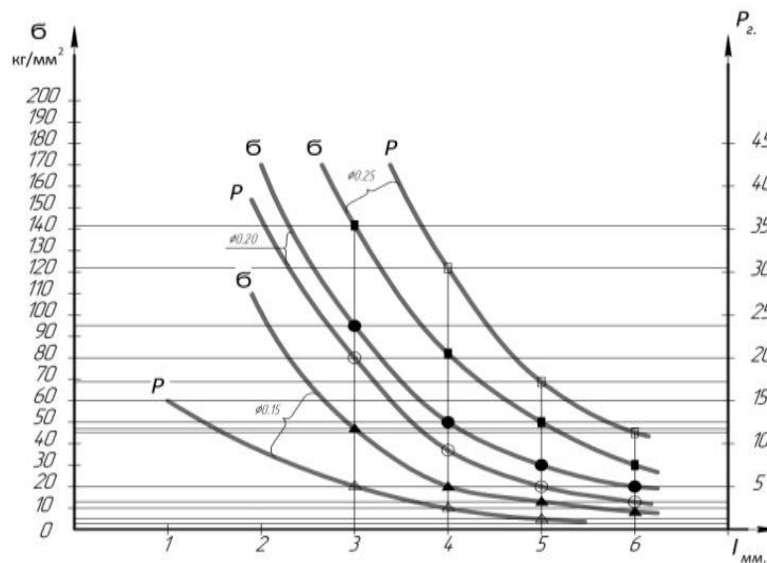


Рис. 4 Графическая зависимость контактного давления и максимального напряжения в заделке от расположения плоскости контактирования при диаметрах проволок $\phi 0,15$; $\phi 0,20$; $\phi 0,25$ мм.

В результате анализа графиков можно сделать следующие выводы:

Исходя из условий обеспечения наиболее оптимального сочетания геометрических размеров и свойств, для конструкции щеточной контактной пары наиболее приемлемыми являются следующие значения начальных условий

- диаметр проволочки – 0,2 мм.
- длина проволок (от места заделки до острия) – 4,5 – 5,5 мм.
- количество проволок в контакте – 7.

Минимальное количество проволок взято из условий обеспечения минимального диаметра контакта. В случае необходимости число проволок в контакте может быть увеличено (например, 13; 27 и т.д.), но необходимо учесть, что при этом будет увеличен и диаметр контакта.

Важным геометрическим параметром для контактной пары является также и форма концов сочленяющихся проволок, которая должна максимально исключать натекания проволок друг с другом при сочленении пучков и тем самым способствовать уменьшению усилий сочленения контактной пары. В результате опытов была установлена оптимальная величина угла заострения проволок, которая находится в пределах $30^\circ \div 40^\circ$ (Рис. 5)

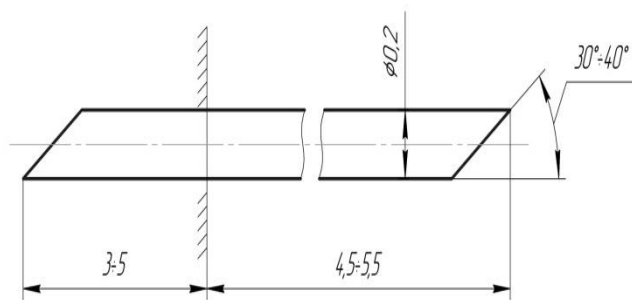


Рис. 5 Форма и размеры контактирующих элементов (проволочек).

Одновременно с определением угла заострения проволочек была и определена величина заделки проволочек во втулку. При определении длины заделки проволочек во втулку были установлены два ограничения:

- обеспечение параллельности проволочек после их обжимки во втулке оси контакта;
- обеспечение необходимого усилия выдергивания проволочек из втулки после обжимки (усилие на выдерживание должно быть не менее десятикратного единичного усилия расчленения контакта, о его величине мы поговорим ниже).

Для ограничения расхождения концов проволочек при сочленении щеточных контактов (тем самым снижается напряжение в местах заделки) с целью предотвращения их возможных деформаций и случайных нагрузок целесообразно устанавливать на один из контактов контактной пары ограничительную втулку, как это показано на Рис. 6.

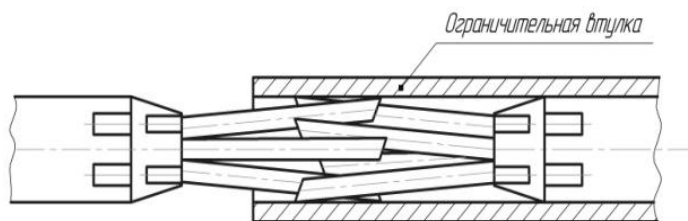


Рис. 6 Схема щеточного контакта с ограничительной втулкой.

Для обеспечения минимального переходного сопротивления контактов необходимо проволочки покрывать серебром или золотом. Покрытие ограничительных втулок, также как и втулок в которые закрепляются проволочки, как правило, не содержит драгметаллов. В качестве покрытия для втулок, в которых закрепляются контактные проволочки,

целесообразно применять олово – висмут (О – Ви), т.к. они уже в покрытом виде подвергаются значительной деформации в местах обжимки, а покрытие О-Ви позволяет проводить такие операции без нарушения покрытия.

Подведем итог теоретическим и экспериментальным исследованиям, касающихся щеточной контактной пары и уточним, что она должна из себя представлять.

Контактная пара щеточного типа представляет собой взаимосочленяемые контакты, каждый из которых состоит из 7 бериллиевых термообработанных и покрытых драгметаллами (серебром или золотом) круглых проволочек с оформленными заходными частями (в виде среза под углом), вставленных во втулки и обжатых в них (рис. 1). Покрытие втулок не содержит драгметаллов.

Испытания электрических соединителей со щеточными контактами

Используя щеточные контакты с покрытием серебром и золотом, соберем макеты электрических соединителей и проведем их испытания по специальной программе с применением стандартных методик, разработанных для электрических соединителей. При этом обратим особое внимание на проверку наиболее характерных и важных для данного типа контактов параметров:

- усилие сочленения-расчленения соединителей;
- усилие расчленения контактов;
- износоустойчивость;
- виброустойчивость;
- сопротивление контактов;
- максимальный ток на одиночный контакт;
- межконтактная емкость;
- максимальные рабочие напряжения.

Испытания проводились на соединителях двух контактностей – 100 и 180 контактов с серебряным и золотым покрытием рабочих элементов контактов.

В результате анализа полученных при испытаниях данных можно сделать следующие выводы:

- усилие сочленения на 100 и 180 контактов составили 1,4 кГс и 2,6 кГс соответственно, а усилия расчленения – 1,0 кГс и 2,1 кГс, т.е. от 10 г. до 14 г. на одну контактную пару;
- усилие расчленения одиночных контактов измерялось методом последовательного сочленения-расчленения контрольного контакта с 50 различными контактами поочередно (фиксировалось только усилие расчленения). При этом усилие расчленения составили от 5 до 30 Гс. Такой разброс усилий объясняется тем, что в процессе контроля не удалось обеспечить однозначного сочленения контрольного контакта с остальными 50 контактами, т.е. обеспечить одинаковую «глубину погружения» контрольного штыря в контролируемый (обеспечить при сочленении $l = \text{const}$ Рис. 2).

Кроме того, этот факт говорит о том, что данная конструкция контактной пары очень чувствительна (в части контактного давления) к взаимному положению в ней контактов. В связи с этим необходимо будет обратить особое внимание на установление величины допустимого несочленения вилки с розеткой в электрическом соединителе, т.к. превышение этой величины будет способствовать уменьшению контактного давления в

контактной паре, а соответственно увеличению переходного сопротивления и как следствие перегрев контактов со всеми вытекающими последствиями.

В процессе работы по контролю усилия расчленения одиночных контактов были замерены сопротивления контактов с одновременным измерением единичных усилий. При разбросе единичного усилия расчленения от 5 до 50 Гс. разброс величины сопротивления контактов составил от 9,5 до 17,4 мОм. Установить какой-либо зависимости между этими величинами на щеточных контактах не удалось.

Так, например, усилию 5 Гс. соответствует контактное сопротивление 9,9 мОм, а усилию 50 Гс. соответствует контактное сопротивление 11,3 мОм и наоборот, контактному сопротивлению 9,5 мОм соответствует 35 Гс, а контактному сопротивлению 17,4 мОм соответствует усилие 25 Гс.

В связи со сложностью контроля единичного усилия расчленения у щеточных контактов альтернативой этому контролю может стать контроль наличие электрического контакта с обязательным замером переходного сопротивления.

- Износоустойчивость электрических соединителей проверялась путем сочленения – расчленения по 500 циклов. После испытаний каких-либо заметных изменения контактного сопротивления и усилий расчленения не выявлено. Не было также и механических повреждений, кроме деформации нескольких проволочек в отдельных контактах.

Для исключения этого дефекта необходимо:

- включить в конструкцию контактной пары ограничительную втулку по типу изображенной на рис. 6;
- обеспечить жесткую фиксацию контактов в изоляторах;
- ужесточить допуск на взаимное расположение контактов в изоляторах до величины $\pm 0,1$ мм.

В конструкции обеспечить эти требования не представилось возможным.

- Виброустойчивость контактной пары щеточного типа проверялась на 4-х контактной паре «вилка-розетка» в диапазоне частот от 50 до 5000 Гц. и амплитуде ускорений 10-30 g (100 300 м/сек²). В процессе испытаний и после их завершения нарушений электрического контакта и механических повреждений не обнаружено.

Динамическая нестабильность переходного сопротивления контакта (ДНК) составила:

- при действии ускорения вдоль продольной оси контактной пары от 0 до 4 %;
- при действии ускорения перпендикулярно продольной оси контактной пары от 0 до 25 %.

Допустимая величина ДНК для электрических соединителей не должна превышать 30 %.

Таким образом, контактная пара щеточного типа является устойчивой к действию широкополосной вибрации.

- Сопротивление контактов измерялось при ЭДС электрической цепи 5 мВ. на 50-ти контактных парах с покрытием проволочек серебром и на 50-ти контактных парах с покрытием проволочек золотом.

В результате получены следующие результаты:

- сопротивление контактов при покрытии контактных проволочек серебром находилось в пределах от 5 до 12 мОм, средняя величина $R_k = 9.4$ мОм;
- сопротивление контактов при покрытии контактных проволочек золотом находилось в пределах от 10 мОм до 25 мОм, средняя величина $R_k = 17.5$ мОм.

Такое увеличение контактного сопротивления при покрытии контактных проволочек золотом связано с недостаточной обработкой технологического процесса покрытия чрезвычайно мелких деталей золотом и соответственно не высоким качеством покрытия.

Целесообразно производить изготовление контактных проволочек из проволоки уже покрытой серебром или золотом. Тем более на предприятии имеется гальваническая линия покрытия проволоки драгметаллами, и проволока из материала БрБ2 диаметром 0,2 мм., уже серийно покрывается для контактов изделия СНП233.

Для соединителей исполнения «УХЛ» особых проблем с использованием контактов, изготовленных из предварительно покрытой проволоки возникнуть не должно. А вот для соединителей всеклиматического исполнения категории «В» существует проблема с дополнительным покрытием торцов проволочек при обрубке они остаются непокрытыми – что является недопустимым, т.к. в процессе эксплуатации в агрессивных средах они будут окисляться и продукты окисления, попадая на контактирующие поверхности электрических контактов будут увеличивать их переходное сопротивление. Кроме того, попадая на поверхность изоляторов, и находясь во влажной атмосфере они будут способствовать поверхностному пробое изоляции в межконтактных промежутках.

Получается, что так или иначе проблему обеспечения качественного покрытия или допокрытия контактов необходимо решать. Потому, что сопротивление контактов, а также и их переходное сопротивление напрямую зависит от качества покрытия и является одним из главных параметров, характеризующих технический уровень и надежность электрических соединителей.

- Воздействие максимального тока на одиночный контакт испытывалось методом измерения температуры перегрева контактной пары при прохождении через нее электрического тока, по существующей методике.

В результате испытаний были получены следующие результаты:

- при токе 1,5 А перегрев составил 8°С;
- при токе 2 А перегрев составил 14°С;
- при токе 3 А перегрев составил 26°С;
- при токе 5 А перегрев составил 55°С.

Для основной массы соединителей принято, что при длительной эксплуатации, при максимальном рабочем токе перегрев контактов относительно температуры окружающей среды не должен превышать 30 °С, и соответственно чем меньше перегрев контактов, тем лучше условия эксплуатации и тем больше гамма – процентная наработка соединителя до отказа.

Таким образом, при вышеуказанных требованиях, одиночная контактная пара приведенной конструкции работоспособна при токах до 3А. Для обеспечения пропускания больших токов необходимо увеличивать поперечное сечение элементов контактной пары.

- Межкомнатная емкость – это чисто конструктивный параметр. Для рассматриваемой конструкции щеточной контактной пары и ее размеров, при

шаге контактов в соединителе 2,5 мм ее величина составила от 1,28 до 2,1 пФ; среднее значение – 1,71 пФ.

- Максимальное рабочее напряжение определялось путем увеличения испытательного напряжения до пробоя между соседними контактами. Пробой произошел при 1600 В, что обеспечивает максимальное рабочее напряжение при шаге расположения контактов 2,5 мм – 250 В.

Мы достаточно подробно рассмотрели конструкцию электрического соединителя на основе контакта щеточного типа, провели необходимые расчеты щеточной контактной пары, определили ее оптимальные геометрические размеры, подобрали материал для пружинящих элементов (проволочек). На изготовленных опытных образцах соединителей провели необходимые испытания базовых параметров.

Результаты испытаний подтверждают возможность создания высоконадежного базового соединителя со щеточной контактной парой с большим числом контактов и малым суммарным усилием сочленения – расчленения (ориентировочно усилие сочленения – расчленения соединителя на 1000 контактов составит примерно 15 кг).

Все исследования, проведенные в процессе этой работы, подтверждены теоретически и экспериментально.

О технологичности конструкции

Для успешного решения вопроса создания надежного многоконтактного электрического соединителя с низким усилием сочленения – расчленения необходимо кроме конструктивной проработки отработать и технологические процессы его изготовления, которые могли бы обеспечить серийный выпуск этих соединителей со стабильным качеством и минимальной себестоимостью. Ведь не секрет, что иногда оригинальное конструкторское решение не может быть реализовано в силу отсутствия технологических возможностей. Поэтому проработка конструкции соединителя на технологичность является неотъемлемым условием начала технологической подготовки производства для его освоения в серийном производстве.

Базовой деталью практически любого электрического соединителя является его изолятор, в который устанавливаются контактные элементы, элементы базирования и кодировки, крепежные элементы и т.п. Изоляторы обычно изготавливаются из термоактивных или термопластичных материалов методом прессования или литья.

В нашем конкретном случае, с учетом технических характеристик, о которых мы говорили выше, изготовление изолятора для многоконтактного электрического соединителя со щеточными контактами технологической сложности вызвать не должно. Технологический процесс литья под давлением пластмассовых изоляторов из стекло - наполненных термопластичных материалов, который предполагается использовать, является отработанным высокопроизводительным процессом, позволяющим получать изоляторы требуемой точности без дополнительной механической обработки.

Проектирование и изготовление пресс-форм литья под давлением для производства изоляторов для профильных предприятий по выпуску электрических соединителей, также является отработанным технологическим процессом.

Особый интерес и определенные проблемы вызывает процесс разработки и реализации технологических процессов, позволяющих изготавливать щеточные контактные пары, с требуемой точностью и необходимой производительностью.

Исходя из конструктивных особенностей, и технических требований к контактной паре были проделаны следующие работы, связанные с определением технологических методов получения комплектующих и сборки щеточных контактов:

- исследованы два метода рихтовки (правки) проволоки БрБ2 \varnothing 0,2 мм, вращающимися роликами в неподвижной каретке и вращающейся спиралью синусоидальной формы.

В первом случае добиться необходимой точности не удалось, проволока в свободном состоянии после рихтовки имела радиус изгиба 1000 мм и менее.

Применив метод рихтовки вращающейся спиралью синусоидальной формы удалось добиться высокого качества рихтовки радиус изгиба проволоки в свободном состоянии практически отсутствовал.

- определены режимы термической обработки пружинящих элементов контактов (проволочек)
 - отработан технологический процесс получения контактных проволочек, в котором были учтены такие технические требования как: отсутствие заусенцев на торцах контактных проволочек после их отрезки; обеспечение одинаковой длины; параллельность плоскостей торцов проволочек; обеспечение прямолинейности; и др.
 - на стадии изготовления опытных образцов набор контактных проволочек в обойму производился вручную. Эту операцию предстоит механизировать или автоматизировать при освоении серийного производства электрических соединителей с контактной парой щеточного типа.
 - ориентация контактов в обойме оказалось одной из наиболее сложных проблем при изготовлении щеточного контакта. В процессе ее решения были рассмотрены и опробованы несколько способов:
1. Ориентация контактных проволочек в обойме с помощью вибрации – результат отрицательный, т.к. вес контактных проволочек ничтожно мал, а сопротивление их вращению в обойме достаточно велико по отношению к их весу, кроме того угол заточки сверла при получении отверстия в обойме не совпадает с углом заострения контактных проволочек.
 2. Ориентация контактных проволочек путем поджима их плоской пластиной – результат отрицательный из-за несовпадения углов.
 3. Ориентация контактов вращающейся втулкой с центром, угол которого соответствует углу заострения проволочек. В этом случае удалось получить положительный результат – угол поворота сориентированных контактных проволочек от нормального положения составил не более 15° .
- Важным моментом при сборке щеточного контакта, кроме ориентации проволочек, является их способ закрепления в обойме. Усилие закрепления проволочек в обойме должно быть не менее десятикратного максимального единичного усилия расчленения контакта (это требование НТД). По результатам испытания нами было установлено фактическое единичное усилие расчленения, которое находилось в пределах (10-14) Гс. Из условий обозначенных выше принимаем минимально допустимое усилие закрепления проволочек в обойме – 150 Гс. Для обеспечения этого усилия закрепления были исследованы и опробованы несколько вариантов обжимки обойм, в результате чего выбран

вариант при котором обжатие производится в восьми точках, четырьмя пуансонами, причем для сохранения параллельности проволок в контакте верхние пуклевки должны быть менее глубокими (рис. 7).

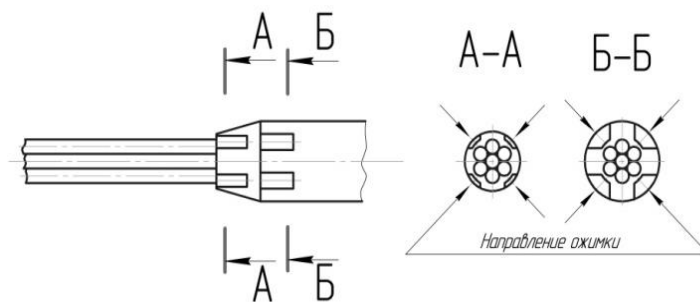


Рис. 7 Схема обжимки щеточного контакта.

- Напрессовка ограничительных втулок на обоймы контактов никаких трудностей не вызывала (рис. 6).
- Гальваническое покрытие контактных проволок серебром и золотом проводилось россыпью в колокольчиках традиционным способом. При организации серийного производства щеточных контактов целесообразно рассмотреть изготовление контактных проволок из покрытой предварительно проволоки. При необходимости рассмотреть допокрытие торцов проволок.

Разработка технологических приспособлений для изготовления макетов контактных пар.

При проверке конструкции соединителя на технологичность и рассмотрения основных технологических операций, необходимых для его изготовления, определен перечень технологических приспособлений для производства контактных пар:

- приспособление для рихтовки проволоки;
- приспособление для рубки проволок;
- приспособление для ориентации проволок в обойме;
- приспособление для обжимки проволок в обойме;

Необходимо отметить, что при серийном выпуске контактных щеточного типа обязательно должен быть разработан автомат, который объединит в себе выполнение следующих операций: рубку проволок, набор и ориентацию их в обойме; обжимку проволок в обойме.

Рассмотрим, что из себя представляет каждое приспособление и принцип его действия:

- Приспособление для рихтовки проволоки представляет собой вращающуюся рамку с закрепленной в ней спиралью волнообразной формы. Величина волны регулируется.

Для рихтовки проволока пропускается через спираль, после чего обеспечивается вращение рамки и протягивание проволоки на необходимую длину. После чего вращение рамки прекращается и отрихтованная проволока обрубается. При необходимости цикл повторяется. Скорость вращения рамки, величина волны и скорость протягивания определяются экспериментально. Схема проволоки представлена на рис. 8.

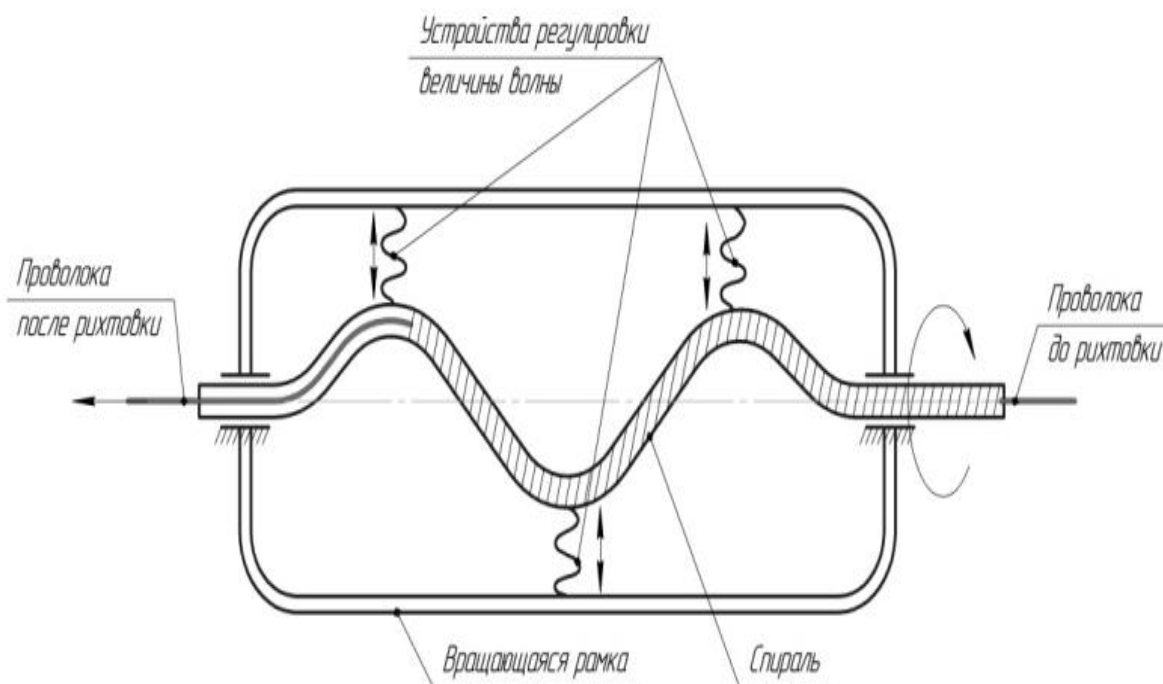


Рис. 8 Схема рихтовки (правки) проволоки.

- Приспособление для резки проволочек представляет собой устройство с подвижным и неподвижным ножами, которая обеспечивает отрезку проволочек необходимой длины под требуемым углом.

Благодаря точной подгонке ножей и постоянному прижатию их друг к другу обеспечивается качественный срез проволочек без образования заусенцев.

Подача проволоки на определенную длину обеспечивается специальным устройством, которое кроме перемещения проволоки на необходимую длину производит еще и ее фиксацию во время операции отрезки. Схема приспособления для резки проволоки представлена на рис. 9

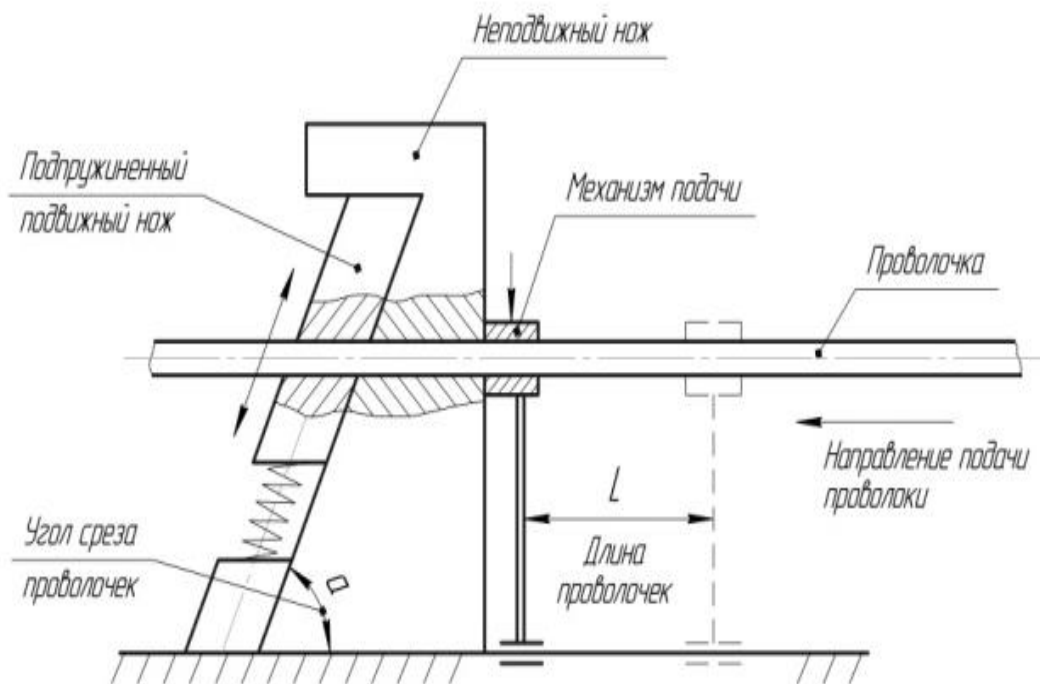


Рис. 9 Схема приспособления для резки проволочек.

- Приспособление для обжимки и ориентации работает следующим образом.

Обойма с набранными в нее проволочками вставляется в приспособление. Кулачковая втулка приспособления поворачивается и приводит в соприкосновение с обоймой четыре подвижных обжимных пуансона. Далее на обойму с проволочками надевается приспособление (оправка) для ориентации проволочек которое делает несколько оборотов вокруг своей оси, тем самым ориентируя проволочки в обойме. После чего, кулачковая втулка обжимного приспособления дополнительно проворачивается, перемещая приведенные ранее в соприкосновение с обоймой четыре обжимных пуансона на необходимую величину, в результате чего происходит обжимка проволочек в обойме.

Величина обжимки регулируется ходом обжимных пуансонов. Важно чтобы перемещение пуансонов происходило синхронно и на одну и ту же величину, от этого зависит качество обжимки.

Величиной перемещения обжимных пуансонов и их формой обеспечивается требуемое усилие закрепление проволочек в обойме и их параллельность.

Схема обжимного приспособления и ориентирующей оправки представлены на рис. 10.

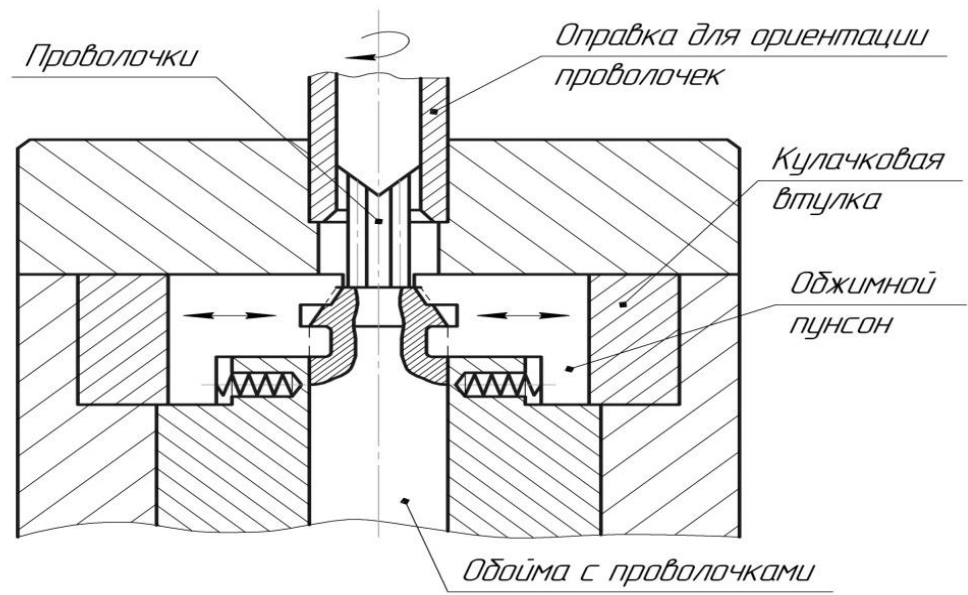


Рис. 10 Схема обжимного приспособления

Заключение

В результате рассмотрения возможности создания надежного многоконтактного электрического соединителя с низким усилием сочленения – расчленения на основе контактной пары щеточного типа был выполнен достаточно большой объем теоретических исследований и расчетов, а так же экспериментальных работ.

Проведены расчеты щеточной контактной пары, выбраны ее оптимальные геометрические размеры и найдены варианты конструкторских решений для ее промышленного производства.

Определены материалы для основных элементов электрических соединителей.

Исследованы технологические возможности изготовления щеточных контактов и электрических соединителей на их основе.

Определена принципиальная возможность серийного изготовления указанных соединителей на имеющейся технологической базе ОАО «Карачевский завод «Электродеталь».

В процессе проведения работы были изготовлены и испытаны щеточные контакты и макеты электрических соединителей на 100 и 180 контактов. Результаты испытаний которых подтверждают возможность создания высоконадежного базового электрического соединителя со щеточной контактной парой и числом контактов до 1000 штук включительно с шагом расположения контактов 2,5 мм. и ориентировочным суммарным усилием сочленения – расчленения в пределах 15 кГс.

Для успешного решения вопроса вышеуказанного соединителя необходимо кроме его детальной конструктивной проработки, отработать технологические процессы изготовления контактной пары и процесса сборки соединителя с целью снижения трудоемкости изготовления.

Литература

1. Белоусов А.К., Савченко В.С. Электрические разъемные контакты в радиоэлектронной аппаратуре. М.: Энергия, 1967.
2. Белоусов А.К., Савченко В.С., Якушин Ю.В. Нестабильность переходного сопротивления разъемных контактов. «Электрические контакты». Из-во Энергия, 1967.
3. Демкин Н.Б. Контактное покрытие шероховатых поверхностей. М.: Наука, 1970.
4. Левин А.П. Контакты электрических соединителей радиоэлектронной аппаратуры. М.: Советское радио. 1972.
5. Митрейкин Н.А., Озерский Д.Н. Надежность и испытание радиодеталей и радиокомпонентов. М.: Радио и связь, 1981.
6. Реутт Е.К., Саксонов И.Н. Электрические контакты. Элементы теории и практики эксплуатации. М.: Военное из-во М.О. СССР, 1971.
7. Рудницкий А.А. Сплавы из благородных металлов для электрических контактов при очень малых токах и напряжениях./В кн. «Электрические контакты». М. – Л.: Госэнергоиздат. 1968.
8. Сафонов А.Л., Сафонов Л.И. Прямоугольные электрические соединители. С-Петербург, Из-во Файнстрит, 2011. 326 с.
9. Сафонов А.Л., Сафонов Л.И. Неподвижные электрические контакты Москва. Из-во «Машиностроение». 2012, 285 с.
10. Сотсков Б.С. Электрические контакты. М.: Энергия, 1967.
11. Хольм Р. Электрические контакты. М.: Из-во иностранной литературы, 1961.