

Контакт ? Есть контакт ! Надолго ли...

*Иван Маслов
Главный инженер
«ИВС-Сигналспецавтоматика»*

Надежность контактных соединений в шлейфах сигнализации в целом, а в пожарных извещателях в частности, оказывает существенное влияние на эффективность применения систем пожарной сигнализации. Часто возникающие в шлейфах неисправности приводят к увеличению времени нахождения помещений без защиты, требуют значительных расходов на обслуживание и ремонт, а в результате вызывают недоверие к системам пожарной сигнализации как к действительно эффективному элементу общей структуры обеспечения безопасности объекта и находящихся на нем людей.

И если некачественную работу по прокладке и монтажу проводов шлейфа, пусть даже и ценой дополнительных затрат, можно исправить в процессе эксплуатации, то ошибки конструкторов в обеспечении надежности контактных соединений в пожарных извещателях исправлению не поддаются. Для того, чтобы понять почему же у выпущенных несколько десятков лет назад и до сих пор все еще исправно работающих на объектах извещателей не возникает сколько-нибудь существенных проблем с контактами, а у некоторых современных извещателей они проявляются уже через несколько лет эксплуатации, попробуем более детально разобраться в сути этих проблем.

Из всех факторов, влияющих на надежность контактных соединений, в качестве основных можно выделить следующие:

- условия эксплуатации (климатические, механические и пр.);
- электрические параметры коммутируемых сигналов (значения токов, напряжений, частот и пр.);
- применяемые для изготовления контактов материалы и покрытия;
- особенности конструкции.

Условия эксплуатации есть некая данность, изменить которую изготовитель извещателей не в силах, если только не желает существенно ограничить область применения своей продукции. Необходимо лишь отметить, что условия эксплуатации могут быть от достаточно комфортных (отапливаемые кондиционируемые помещения) до весьма жестких (неотапливаемые помещения, подвижный состав, прибрежные районы морей и океанов). Что касается электрических параметров коммутируемых сигналов, то проблема коммутации малых токов уже рассматривалась достаточно подробно в журнале «БДИ» №52 (№1 2004 г.). Поэтому в настоящей статье основное внимание будет уделено рассмотрению особенностей устройства контактных соединений и выбору материалов для их изготовления.

Практически все современные активные точечные пожарные извещатели подключаются в шлейфы с помощью съемных розеток, что значительно облегчает монтаж и обслуживание систем пожарной сигнализации. Учитывая это, все имеющиеся в различных извещателях контактные соединения по функциональному назначению можно сгруппировать следующим образом:

- соединение проводов шлейфа с контактами розетки;
- сочленение контактов розетки и контактов извещателя;
- соединение контактов извещателя с печатной платой.

Подсоединение проводов шлейфа к контактам розетки практически во всех извещателях производится путем зажима жилы провода с помощью резьбового соединения. Варианты исполнения зажимного устройства разнообразны, например, с использованием шайб (стандартных или оригинальных форм), специальных гаек, стандартных колодок «под винт» и прочее. При этом, естественно, у различных извещателей различна и степень удобства проведения монтажа, но важно то, что при соблюдении определенной аккуратности при выполнении этих работ, принцип резьбового соединения дает возможность обеспечить плотный и надежный прижим провода к контакту розетки.

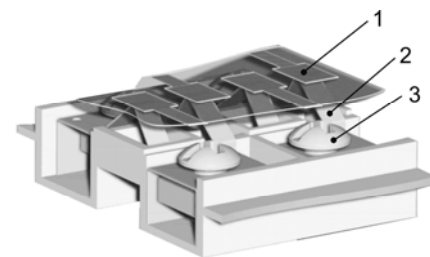
Розетка и извещатель должны легко отсоединяться друг от друга, поэтому сочленение их контактов выполняют, как правило, путем взаимного прижима за счет пружинящих свойств одного из контактов. Почти всегда пружинящими делают контакты розетки. На рисунках 1 ÷ 6 приведены наиболее характерные для современных извещателей конструкции контактных соединений.

По способу организации сочленения контактов розетки и извещателя их можно условно разделить на группы: сочленения с «одноточечным», «двухточечным» и «многоточечным» контактированием. В первом случае контакты прижимаются друг к другу одной из своих сторон, и гарантированное соприкосновение будет обеспечиваться только в одной точке. Рассчитывать на «многоточечное» контактирование нельзя из-за невозможности обеспечить идеально ровную поверхность контакта, а также из-за значительных трудностей в достижении идеальной параллельности соприкасаемых поверхностей. Во втором случае один из контактов как бы охватывает другой и за счет собственных пружинящих свойств обеспечивает гарантированное соприкосновение как минимум в двух точках. Примеры «многоточечного» контактирования, когда один из контактов выполнен в виде многоэлементной конструкции и где каждый элемент обладает некоторой свободой перемещения и собственными пружинящими свойствами, пока еще в извещателях встречаются как экзотика.

Пример «одноточечного» контактирования приведен на рисунке 1. Кроме явного недостатка такого сочленения как всего лишь одна гарантированная точка соприкосновения, необходимо отметить еще и существенные трудности в обеспечении стабильности усилия прижима контактов в различных образцах извещателей. Это связано с тем, что усилие прижима зависит не только от конструкции контактов, но и от конструкции всего извещателя, например, от погрешности зазора между розеткой и извещателем, погрешности позиционирования контактов в розетке и в извещателе и пр.

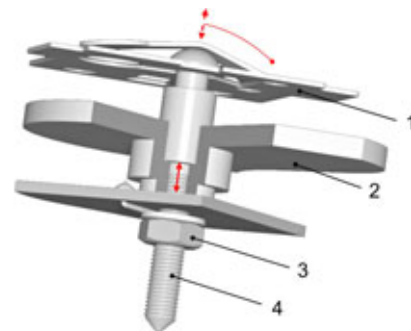
Примеры «двухточечного» контактирования приведены на рисунках 2 ÷ 6. На рисунках 2 ÷ 5 пружинящийся лепесток является единым целым с основным контактом (т.е. это одна деталь) и проблем обеспечения электрического соединения между двумя различными точками гарантированного соприкосновения контактов не существует. А вот для примера на рисунке 6, где основной контакт и пружинящийся лепесток выполнены как две отдельные детали, такая проблема может возникнуть.

Очень существенным фактором долговечности и надежности сочленения контактов является эластичность пружинящегося лепестка. Любой пружинящийся материал, находясь под постоянным воздействием изгибающей силы, будет постепенно терять свои пружинящие свойства в результате происходящих процессов нормализации структуры материала (снятие внутренних напряжений). Поэтому при одинаковой начальной упругости более долговечными будут контакты с более эластичными лепестками. В свое время, при разработке конструкции контактов для классической, теперь часто называемой «унифицированной» розетки, одним из основных требований было обеспечение оптимального соотношения упругости и эластичности пружинящегося лепестка, что и было достигнуто выбором максимально возможной эффективной длины пружинящей части лепестка. Примеры контактов с эла-



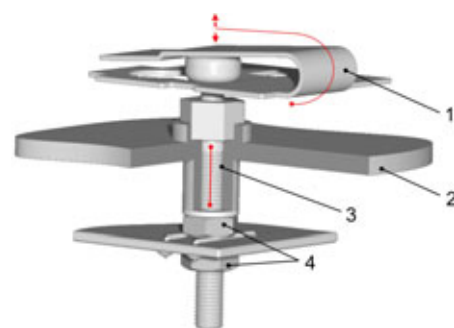
1 - контактная площадка платы; 2 - контакт розетки; 3 - резьбовое контактное соединение

Рисунок 1



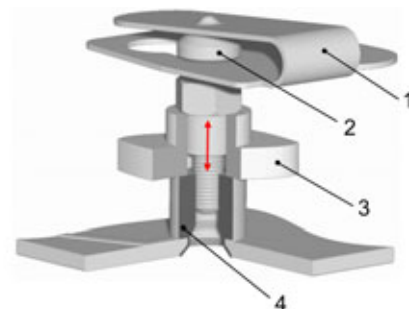
1 - контакт розетки; 2 - фрагмент корпуса; 3 - резьбовое контактное соединение; 4 - контакт извещателя

Рисунок 2



1 - контакт розетки; 2 - фрагмент корпуса; 3 - контакт извещателя; 4 - резьбовое контактное соединение

Рисунок 3



1 - контакт розетки; 2 - контакт извещателя; 3 - фрагмент корпуса; 4 - развальцованная токосъемная втулка

Рисунок 4

стичном лепестком приведены на рисунках 3 ÷ 5. Пример неудачного решения по обеспечению необходимой эластичности лепестка приведен на рисунке 2. Сравнивая рисунки 2 и 3 можно наглядно увидеть, насколько отличаются эффективные длины пружинящих частей лепестков.

Заканчивая рассмотрение проблем обеспечения надежного контакта между розеткой и извещателем, стоит отметить, что даже правильно сконструированная контактная пара при изготовлении может не оправдать возлагаемых на нее надежд. Ярким примером тому является применение в некоторых извещателях контактов, по своей конструкции идентичным контактам «унифицированной» розетки и выполненных из того же материала, но по упругости лепестков многократно уступающим прототипу даже на момент поставки. И причина этого в одном – в технологии изготовления несомненно отсутствуют некоторые очень важные операции.

Третья группа контактных соединений, а именно токосъем с контакта на плату, самая разнообразная по исполнению. Здесь встречаются и пружиняще-прижимное контактирование, и разъемные резьбовые соединения, и неразъемные паянные, вальцованные и клепанные соединения.

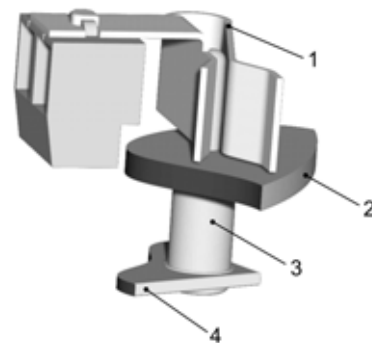
У некоторых извещателей вообще нет контактных соединений, относящихся к третьей группе, так как контакты розетки прижимаются непосредственно к элементам (специально выполненным площадкам) печатного рисунка платы. С одной стороны это, казалось бы, дает некоторые преимущества (уменьшает количество переходных контактов), но, с другой стороны, обеспечить надежность такого сочленения очень сложно.

Проблема здесь в том, что технологически добиться высокой износостойкости контакта на печатной плате не просто из-за высокой мягкости основного материала - медной фольги. А пружинящиеся контакты розетки, как правило, изготавливают методом штамповки и избежать наличия у них острых кромок и заусенцев невозможно. Поэтому даже при одноразовом сочленении извещателя с розеткой защитное покрытие контактов платы повреждается, что в итоге ведет к повышению риска возникновения коррозии контактного соединения. Пример выполнения непосредственного токосъема с контактов розетки на печатную плату приведен на рисунке 1.

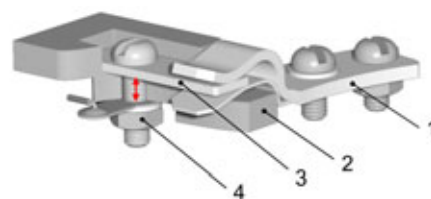
Наиболее часто встречающееся сопряжение контакта с платой – это резьбовое соединение. К сожалению, у очень многих извещателей оно выполнено, мягко говоря, некорректно. Основная ошибка, которая при этом допускается, заключается в попадании в зажимаемую резьбовым соединением группу деталей элементов пластикового корпуса извещателя. Как известно, пластик и металл имеют различные коэффициенты температурного расширения, при этом пластик обладает еще и свойством текучести формы под действием постоянно-приложенного на него давления. Через определенное время в месте зажима он приобретет форму, при которой давление значительно ослабнет, что, естественно, ослабит и прижим контакта к плате. Поэтому такая конструкция не может обеспечить долговременной надежности контактного соединения. Примеры неудачно выполненных сопряжений контактов с печатной платой приведены на рисунках 2, 4 и 6. Пример организации правильного зажима платы с помощью резьбового соединения контакта приведен на рисунке 3. Здесь еще стоит отметить то, что в примере рисунка 3 обеспечивается двухсторонний токосъем с контакта на плату, который многократно надежнее одностроннего, такого как на рисунках 2 и 4.

Существенно снижает надежность контактного соединения наличие шайб между контактирующими элементами, например как на рисунках 2 и 6. Установка таких шайб, может быть, и упрощает технологические операции по сборке, но, в тоже время, увеличивает количество переходных контактов.

Как показывает опыт эксплуатации, неразъемные вальцованные и клепанные соединения все-таки несколько уступают по надежности правильно выполненным резьбовым соединениям, так как при циклических температурных воздействиях они подвержены более быстрому ослаблению прижима из-за меньшего запаса изначального натяжения и из-за разнородности скрепляемых материалов.



1 - контакт розетки с монтажной колодкой "под винт"; 2 - фрагмент корпуса; 3 - контакт извещателя; 4 - фрагмент платы
Рисунок 5



1 - контакт розетки; 2 - фрагмент корпуса; 3 - контакт извещателя; 4 - резьбовое контактное соединение
Рисунок 6

Лучший способ сопряжения контакта с платой, конечно же, паяное соединение, но только в том случае, если предусмотрены меры по обеспечению необходимой механической прочности такого соединения.

В качестве оптимального сочетания порой противоречивых требований по обеспечению долговременной надежности контактных соединений можно привести пример конструкции, приведенной на рисунке 5, где количество переходных контактов минимально (не больше чем в примере на рисунке 1) и где сочленение контактов выполнено с соблюдением классических принципов (как на рисунке 3).

Важнейшим фактором обеспечения долговременной надежности контактных соединений является правильный выбор материалов и покрытий для контактирующих деталей. Учитывая, что в извещателях коммутируются сигналы, имеющие малые значения напряжений (от единиц вольт) и токов (от нескольких десятков микроампер), необходимо обеспечить не только подбор материалов с хорошей проводимостью поверхностного слоя, но и обеспечить долговременную сохраняемость этой проводимости. Для выполнения этой задачи контактируемые поверхности должны обладать высокой антикоррозионной стойкостью.

Соприкосновение двух разнородных по химическому составу материалов почти всегда сопровождается возникновением гальванического эффекта, оказывающего катализирующее действие на коррозионные процессы. Сила гальванического эффекта для различных комбинаций соприкасающихся материалов зависит от их химических свойств и особенностей строения кристаллической решетки, и в качестве оценочной характеристики удобно ввести понятие электрохимической совместимости материалов. Электрохимическая совместимость тем лучше, чем меньше проявляется негативное воздействие гальванического эффекта. В таблице 1 приведены качественные оценки электрохимической совместимости различных материалов.

Таблица 1. Электрохимическая совместимость материалов

Наименование материала	Золото, платина, палладий	Серебро	Олово	Свинец	Медь, латунь, бронза	Алюминий	Титан	Хром	Никель	Хромоникелевые стали	Хромистые стали	Углеродистые стали	Цинковое покрытие с хроматированием	Цинковое покрытие с фосфатированием
Золото, платина, палладий	отл	отл	хор	плх	отл	плх	отл	отл	хор	отл	отл	плх	плх	плх
Серебро	отл	отл	хор	плх	отл	плх	отл	отл	хор	отл	отл	плх	плх	плх
Олово	хор	хор	отл	отл	отл	хор	отл	отл	отл	отл	отл	плх	хор	отл
Свинец	плх	плх	отл	отл	хор	удв	отл	хор	хор	хор	хор	плх	хор	отл
Медь, латунь, бронза	отл	отл	отл	хор	отл	плх	отл	хор	отл	отл	хор	плх	плх	хор
Алюминий	плх	плх	хор	удв	плх	отл	плх	хор	плх	удв	удв	плх	отл	отл
Титан	отл	отл	отл	отл	отл	плх	отл	отл	отл	отл	отл	плх	плх	хор
Хром	отл	отл	отл	хор	хор	хор	отл	отл	отл	отл	отл	плх	плх	удв
Никель	хор	хор	отл	хор	отл	плх	отл	отл	отл	отл	отл	плх	плх	хор
Хромоникелевые стали	отл	отл	отл	хор	отл	удв	отл	отл	отл	отл	отл	плх	плх	плх
Хромистые стали	отл	отл	отл	хор	хор	удв	отл	отл	отл	отл	отл	плх	плх	плх
Углеродистые стали	плх	плх	плх	плх	плх	плх	плх	плх	плх	плх	плх	отл	плх	удв
Цинковое покрытие с хроматированием	плх	плх	хор	хор	плх	отл	плх	плх	плх	плх	плх	плх	отл	отл
Цинковое покрытие с фосфатированием	плх	плх	отл	отл	хор	отл	хор	удв	хор	плх	плх	удв	отл	отл

Принятые сокращения: отл – отличная; хор – хорошая; удв – удовлетворительная; плх – плохая.

Приведенные в таблице данные по электрохимической совместимости, естественно, являются сильно упрощенными, что сделано с целью удобства их использования в оценке прогнозируемой долговечности контактных соединений в применяемых извещателях. При разработке извещателей, конечно же, необходимо пользоваться более детальными и полными сведениями, имеющимися в нормативных документах и научной литературе.

Несоблюдение правил электрохимической совместимости контактируемых материалов проявляется тем ярственнее, чем жестче условия по климатическим воздействиям и по наличию агрессивных примесей в воздушной среде защищаемых помещений. И если для чистых кондиционируемых отапливаемых помещений могут оказаться достаточно надежными контактные соединения даже с удовлетворительной электрохимической совместимостью (с плохой совместимостью материалы для контактирования применять вообще не стоит), то для умеренно жестких условий материалы должны обладать как минимум хорошей совместимостью, а для очень жестких – только отличной совместимостью.

К сожалению, в последнее время все чаще приходится отмечать вопиющие нарушения правил по обеспечению электрохимической совместимости контактируемых материалов в извещателях. Наиболее характерными примерами явно неудачного подбора контактируемых материалов являются сочетания хромированного цинка с медью, хромированного цинка с никелем, никеля с алюминием.

В заключении хочется отметить, что стремление к снижению себестоимости выпускаемой продукции само по себе похвально, на то он и рынок, чтобы стимулировать творческий подход, но и забывать о приличиях не стоит, все таки пожарные извещатели не ширпотреб.