

УДК 621.01

## МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ УПРУГИХ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И АВТОМАТИКИ

В.Л. Ткалич, Р.Я. Лабковская, О.И. Пирожникова

Предложен метод повышения надежности мембранных контактных систем герконов за счет снижения дребезга и динамических шумов, а также увеличения срока службы упругого чувствительного элемента. Предложено конструкторско-технологическое решение мембранного ртутносмачиваемого геркона с модифицируемым регулярным микрорельефом рабочей поверхности мембраны.

**Ключевые слова:** упругий чувствительный элемент, геркон, мембрана, регулярный микрорельеф, магнитный контакт.

Рост требований к датчикам, микросенсорам и коммутационным элементам, в первую очередь – к их метрологическим характеристикам и показателям надежности, делает актуальной проблему повышения качества упругих чувствительных элементов (УЧЭ). Такие важные характеристики микросенсоров и магнитоуправляемых контактов, как быстродействие, механическая устойчивость и вибропрочность, обеспечиваются качеством УЧЭ. Герконы относятся к коммутационным элементам устройств автоматики и находят широкое применение в реле на их основе. Последние широко используются в программных и логических схемах автоматики и телемеханики, в устройствах сигнализации и защиты, взвешивания и управления, в автоматических распределителях в радио-, телефонной и электроаппаратуре [1]. Большой вклад в создание и развитие методов анализа УЧЭ внесли Андреева А.Н., Корсунов В.П., Вольмир А.С., Пановко Я.Г., Рейсснер Э., Хамада М., Фуджита К., Кашима Х. [1]. Однако проблема повышения токов коммутации, а также снижение дребезга контактной системы герконов по-прежнему остается актуальной с точки зрения обеспечения высокой надежности, в том числе увеличения срока службы коммутационных элементов.

Опыт эксплуатации УЧЭ герконов убедительно показывает, что их качество и надежность зависят от характера контактирования сопрягаемых деталей друг с другом или с жидкой фазой (герконы с сухими контактными поверхностями; герконы со смачиваемыми контактными поверхностями, например, ртутью), определяемого состоянием поверхностного слоя контактирующих деталей.

С целью повышения надежности на поверхности УЧЭ магнитоуправляемых контактов (МК) предлагается наносить регулярный микрорельеф (РМР) [2]. Образованный на поверхности УЧЭ РМР создает систему регулярно расположенных зон в поверхностном слое, а зачастую – и во всей толщине УЧЭ. Нанесение частичного РМР II или III вида [2] на поверхности подвижных УЧЭ МК влечет за собой образование непрерывно или дискретно расположенных углублений, между которыми остается нетронутым исходный, чаще всего нерегулярный, микрорельеф обрабатываемой поверхности. С полностью РМР (ПРМР) УЧЭ остаточные напряжения при деформации распределяются равномерно по всему материалу детали, что особенно важно для конструкций мембранных герконов, так как обеспечивается равномерность прогиба мембранного УЧЭ при срабатывании, снимаются напряжения в зонах спая с баллоном МК, возрастает стабильность работы МК. Помимо этого, уменьшается гистерезис, увеличивается жесткость УЧЭ, чувствительность МК, растет число коммутаций в единицу времени и, следовательно, обеспечиваются большой срок службы и повышенное быстродействие МК [1, 3].

В ртутных герконах смачивание контактирующих поверхностей УЧЭ, исключающее вибрацию при замыкании, осуществляется посредством их амальгирования ртутью или периодической подачей ртути на контактирующие поверхности. Применение вибронкатки (ПРМР IV вида) [2] после амальгирования на поверхностях УЧЭ существенно улучшает проникновение и закрепление молекул ртути в толще материала УЧЭ. В случае периодической подачи ртути к месту контакта по полукапиллярам, выполненным на поверхности самих УЧЭ, при замыкании происходит вытеснение ртути из зоны контактирования. Нанесение РМР III вида [2] на поверхности УЧЭ позволит исключить это вредное явление. Особый интерес может представлять абсолютно новый (с точки зрения технологии) геркон, представляющий собой комбинацию конструкций мембранного и ртутного герконов. Предлагается на поверхности мембран для мембранных герконов любого вида сначала наносить ртутную пленку путем амальгирования (центрифугирования), а затем осуществлять вибронкатку, образуя РМР IV вида [2]. В результате, кроме улучшения чувствительности (магнитодвижущая сила срабатывания) и механических характеристик УЧЭ, таких как жесткость, упругость, равномерность прогиба, будет полностью ликвидировано вредное явление дребезга (вибрации) при коммутации МК. Широкие функциональные возможности, повышенная надежность и высокое быстродействие таких герконов делают их весьма перспективными [4].

В мембранных герконах подвижный УЧЭ выполняется в виде мембраны. Эскизы предлагаемых модификаций приведены на рисунке. На рисунке (а) показан мембранный геркон, один из контактов которого выполнен в виде мембраны с перфорацией (подвижный контакт), а другой – в виде ферромагнитного стержня. Магнитная мембрана 1 с круглыми вырезами 2 осуществляет контактирование с магнитным сердечником 3 своим центральным диском под действием магнитного потока в рабочем зазоре 4. Сердечник 3 изолирован от металлического корпуса 5 стеклянным кольцом 6. Мембранный геркон

имеет большую площадь рабочего зазора и, следовательно, меньшее магнитное сопротивление, что увеличивает чувствительность. Мембрана имеет большую площадь контактирования с сердечником, что обеспечивает коммутацию больших токов. Варьированием формы вырезов и размеров можно менять величину прогиба мембраны и чувствительность контакта. Современные технологии позволяют обеспечить величину перемещения мембраны под нагрузкой в упругой зоне на величину порядка  $10^{-6}$ – $10^{-7}$  м, что обеспечивает очень высокую чувствительность мембранных конструкций. Оба контактных сердечника (КС) имеют полный регулярный микрорельеф рабочей поверхности и в зоне контактирования смазываются ртутью, что существенно улучшает динамические характеристики герконов.

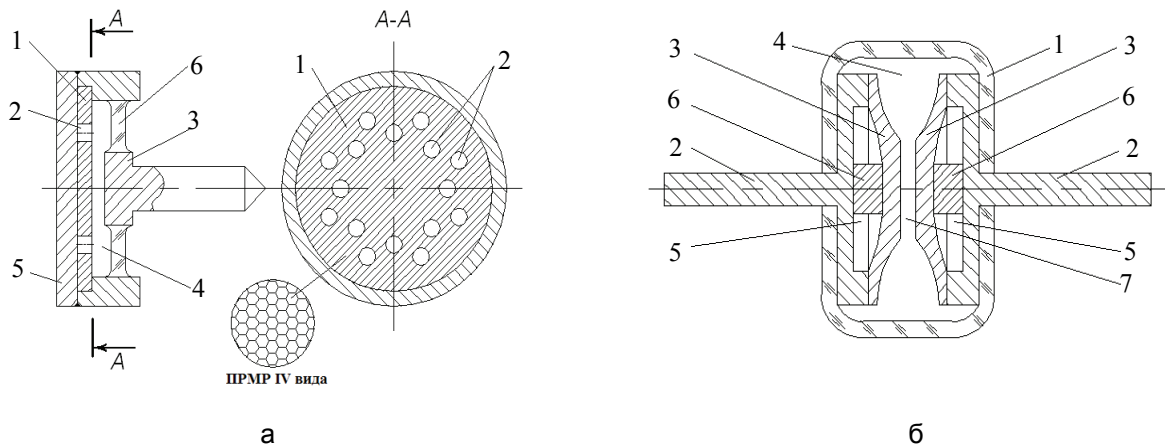


Рисунок. Мембранные герконы: одна мембрана с перфорацией ПРМР IV вида (а); две мембраны с ртутносмазываемыми МК (б)

Вторая модификация мембранного ртутносмазываемого МК, показанная на рисунке (б), предполагает выполнение обоих КС в виде амальгированных ртутью мембран с ПРМР IV вида согласно [4]. На рисунке (б) показаны стеклянный баллон 1 и паянные магнитные сердечники, на которых установлены гофрированные мембраны 3 с РМР рабочей поверхности. Каждая мембрана отделяет от основной полости 4 автономную полость 5, внутри которой установлен немагнитный упор 6. Основная и автономные полости заполнены инертным газом с различным давлением, что способствует, совместно с упором 6, виброустойчивости мембраны 3. Между мембранами 3 задан рабочий зазор 7. Под действием продольного магнитного поля мембраны прогибаются навстречу друг другу и замыкают электрическую цепь. Возможна установка мембраны только на одном магнитном сердечнике, однако чувствительность геркона при этом снижается.

Авторами предлагаются следующие параметры поверхностей с РМР [4]: для поверхностей с ЧРМР – глубина регулярной неровности  $h=16$  мкм; относительная площадь, занимаемая регулярными неровностями,  $F_n=(60-70)\%$ ; угол направления неровностей  $\Theta=50^\circ$ . Для поверхностей с ПРМР – высота элемента поверхности  $R=(10-16)$  мкм, а относительная опорная площадь  $T_p=(60-80)\%$ . При данных параметрах рабочих поверхностей мембранных герконов было достигнуто повышение чувствительности УЧЭ на 5–7% , снижение дребезга, увеличение токов коммутации на 6–8%, что обеспечивает повышение надежности данного вида коммутационных элементов.

1. Ткалич В.Л. Надежность магнитоуправляемых контактов в системах управления. – СПб: СПбГИТМО (ТУ), 2000. – 98 с.
2. ГОСТ 24773-81. Поверхности с регулярным микрорельефом. – Введ.01.07.78. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 14 с.
3. Буданова А.Ю., Кокшаров Д.Н. Особенности формирования регулярного микрорельефа на рабочих поверхностях плоских упругих чувствительных элементов электромеханических датчиков // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2006. – Вып. 29. – С. 240–244.
4. Ткалич В.Л., Беккер Я.М., Фролова Е.Г., Шнейдер Ю.Г., Потапов А.И. Магнитоуправляемый контакт. Патент РФ № 2024981. Бюл. № 23, 15.12.94, кл. Н 01 Н 1/66.

**Ткалич Вера Леонидовна** – Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, доктор технических наук, профессор, studsovet\_itmo@mail.ru

**Лабковская Римма Яновна** – Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, студент, studsovet\_itmo@mail.ru

**Пирожникова Ольга Игоревна** – Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, студент, studsovet\_itmo@mail.ru