

ПОЛЯРИЗОВАННЫЕ ГЕРКОНЫ И КОММУТАЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА НА ИХ ОСНОВЕ

Е.П. Чепаксин

*429820, Россия, Чувашия, г. Алатырь, пл. Октябрьской революции, 23
ОАО «Завод «Электроприбор»*

Рассматривается способ реализации герконов с применением кольцевого, радиально намагниченного магнита из магнитопласта на основе редкоземельных элементов, установленного непосредственно на вывод геркона как наиболее эффективный способ поляризации герконов, позволяющий создать новое поколение двухстабильных поляризованных реле и других коммутационных устройств.

The paper covers an implementation method of reed switches using annular, radially magnetized magnet made of rubber ferrite based on the rare-earth elements, which is mounted directly onto the contact of a reed switch as the most effective method of polarization of reed switches that allows to create a new generation of the two-stable polarized relays and other switching devices.

Появление на рынке постоянных магнитов из высокоэнергетичных магнитопластов на основе порошков Nd-Fe-B, позволяющих производить механическую обработку намагниченных образцов-заготовок, значительно ускорило процессы изготовления и испытаний макетных образцов, упростило проведение анализа конструктивных вариантов и построение оптимального образа магнитных систем электрических аппаратов. Одновременно можно утверждать, что серийное применение магнитопластов даст дополнительный толчок к созданию эффективных и дешевых изделий на их основе.

У специалистов ОАО «Завод «Электроприбор» перед участием во второй Международной научно-практической конференции «Магнитоуправляемые контакты (герконы) и изделия на их основе» имелся опыт практического применения постоянных литых магнитов из сплава ЮНДК35Т5БА, начиная с образцов первого Московского Приборостроительного Завода, в том числе в магнитных системах с герконами.

Использование материалов этой конференции, энергетики личного общения с профессором МЭИ Шофтой В.Н., с организаторами и участниками конференции, эффективное сотрудничество с производителем магнитопластов ООО «Валтар» позволило ОАО «Завод «Электроприбор» принять решение о включении темы «Поляризация» в планы развития предприятия.

1. Обзор патентных исследований по поляризованным герконам и реле

Область применения электромеханических слаботочных реле, в том числе и поляризованных, в настоящее время сокращается. Применение герконов (гезаконов, ферридов) в качестве элементов устройств с энергонезависимой памятью (стр. 18 [1], стр. 43-47 [2]) практически прекращено.

Однако поиск эффективных инженерных решений по поляризации геркона и управлению герконом продолжается.

Например, были рассмотрены технические решения патентов: US 6340924 от 2002 г.; US 4943791 от 1990 г.; JP 2007335217 от 2007 г.; RU 62482 от 2006 г. [3].

Не останавливаясь на недостатках перечисленных решений, предлагаем оценить патент DE 4034946 от 1992 г. фирмы MEDER, ФРГ с точки зрения эффективности подстройки магнитной системы под характеристики геркона.

На схеме рис. 1 при вращении цилиндрического магнита по часовой стрелке можно добиться замыкания геркона, а против часовой стрелки – его размыкания с дифференциалом по углу, определяемым характеристикой геркона (в каталогах коэффициент возврата колеблется от 0,3 до 0,95, а в серийном производстве не превышает 0,6, например, для герконов МКА 10110 и МКС 17103).

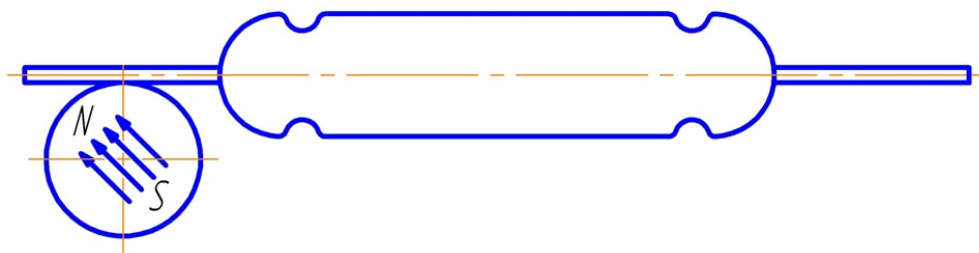


Рис. 1. Схема подстройки магнитной системы геркона цилиндрическим магнитом

Одним из недостатков этого решения, как и перечисленных выше, является то, что для взаимного крепления магнита и геркона обязательно требуются корпусные детали. Преимуществом является наличие возможности плавного изменения системы магнит-геркон для получения задаваемых значений МДС срабатывания, как в одностабильном, так и в двухстабильном состояниях.

2. Предлагаемые технические решения по поляризации герконов

Предлагаемая конструкция поляризованного геркона и поляризованного герконового коммутатора, содержащего такой геркон, направлена на решение задачи создания конструкций геркона и коммутатора, технологичных в изготовлении и применении, с уменьшенными габаритами и весом, позволяющих осуществлять высокую точность задания параметров их чувствительности во всем диапазоне возможных состояний магнитной системы геркон-магнит от простого подмагничивания с переходом в двухстабильное и последующее одностабильное состояние.

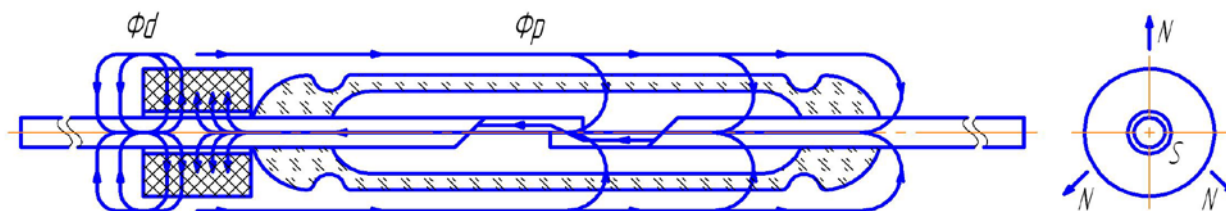


Рис. 2. Замыкающий геркон, замкнутый кольцевым магнитом

На рис. 2 и 3 представлен кольцевой магнит, намагниченный радиально, размещенный, по крайней мере, на одном из выводов замыкающего геркона или на нормально разомкнутом (НР) контакте переключающего геркона типа РП-3 (глава 1 [1]). При осевом перемещении по выводу в направлении от колбы можно добиться размыкания контактов, при обратном перемещении контакты замкнутся с разницей по положению – дифференциалом ΔL .

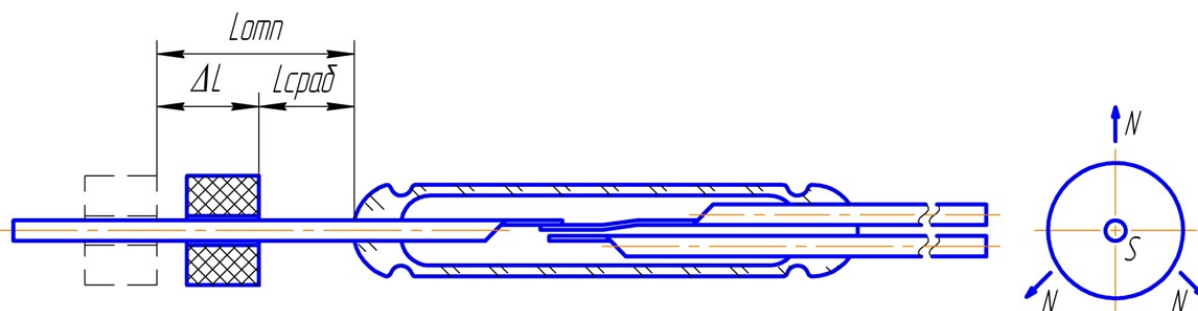


Рис. 3. Переключающий геркон с кольцевым магнитом в состоянии замкнутого магнитом НР контакта геркона

Дифференциал хода ΔL , например, для геркона МКС-27703 [4] с укороченным выводом до 7 мм, в комплекте с магнитом, выполненным из высокоэнергетичного магнитного материала на основе редкоземельных элементов – магнитоласта НЖБ-МП2 [5] – при $L_{сраб.} = 1$ мм, находится в диапазоне не менее 4 мм и представляет собой допуск на регулировку двухстабильного состояния геркона и коммутационных устройств на его основе.

С целью оптимизации размеров сборки размер $L_{сраб.}$ должен быть минимизирован. Для этого предусмотрено шунтирование магнита шайбами различных размеров и формы, с уменьшением Φ_r за счет изменяемой площади перекрытия торцевой части магнита и толщины шайбы.

Для уменьшения объема применяемого магнита (рис. 4) за счет снижения магнитных потерь Φ_d вывод геркона, на котором расположен магнит, может укорачиваться, а к нему приваривается немагнитный токоведущий вывод. Магнитные потери в других частях герконов не показаны, и способы их уменьшения не рассматриваются в этой статье.

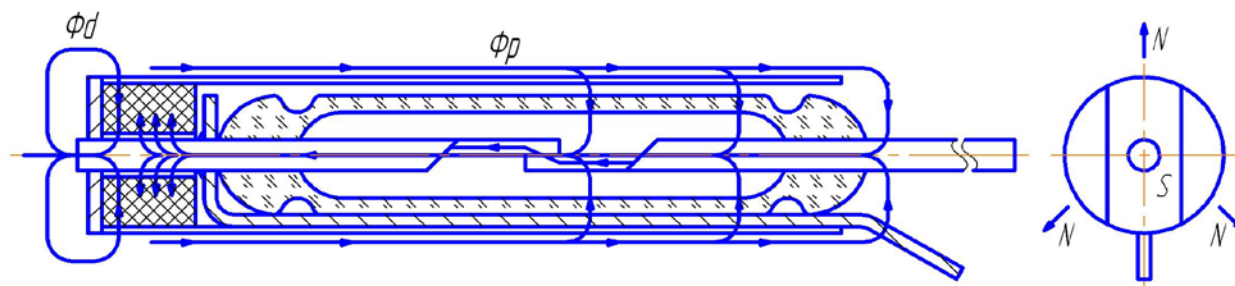


Рис. 4. Поляризованный замыкающий геркон с укороченным выводом и магнитом, шунтируемым шайбой

Таким образом, создана возможность производить подстройку магнитной системы на разных этапах производства и в зависимости от заданной точности:

1. На этапе комплектования разбитых на группы по МДС срабатывания герконов с магнитами с необходимым объемом (высотой магнита).
2. На этапе сборки поляризованного геркона и/или коммутатора установкой по мере необходимости шунта и закреплением магнита на выводе после определения его оптимального положения.

3. На этапе дополнительной (окончательной) регулировки для изделий с повышенными требованиями к точности управления, сменой по необходимости шунта на шунт другой толщины, изменением его формы или положения с окончательным закреплением на магните.

Магнит выполнен из высококоэрцитивного магнитного материала, содержащего редкоземельные элементы. При этом выполнение магнита из магнитопласта, изготавливаемого из смеси магнитного порошка и полимерного связующего, является предпочтительнее. Этот вид магнитных материалов имеет ряд ценных свойств, выгодно отличающих их от металлических или керамических магнитов, получаемых спеканием:

во-первых, это высокая воспроизводимость и стабильность, однородность магнитных свойств, отсутствуют явления изменения размеров и свойств при спекании и термообработке;

во-вторых, хорошая механическая прочность и пластичность;

в-третьих, высокая технологичность, т. е. возможность получать изделия сложной формы с малыми затратами и при этом соблюдать с высокой точностью заданные размеры.

Известно также, что магниты из магнитопласта или спеченного на основе редкоземельных элементов материала, например, Nd-Fe-B, являются высокоэнергетичными, имеющими очень высокое энергетическое произведение, вплоть до 50-55 кДж/м³ [5] – при небольшой цене. Магниты Nd-Fe-B имеют широкий диапазон рабочих температур (от -60 °С до +125 °С), некоторые их виды можно использовать вплоть до 200 °С. Благодаря этому, а также тому, что нет необходимости в дополнительных деталях для установки магнита, магнит устанавливают на выводе геркона, габариты устройства и вес значительно уменьшены.

Разработка поляризованных герконов и коммутаторов может быть произведена для любого из серийно выпускаемых герконов как в России, так и за рубежом, например, для высоковольтных герконов фирмы MEDER.

Необходимо отметить, что поляризация предлагаемыми кольцевыми магнитами переключающих герконов вида РП-З значительно проще и эффективнее по объему магнита, чем переключающих вида РЗ-П и эффективнее, чем замыкающих с симметричными контактами. Это объясняется расположением, удалением межконтактного зазора по отношению к магниту. Вследствие этой разницы конструкция переключающих герконов ОАО «РЗМКП» может получить коммерческие преимущества по отношению к другим производителям, изготавливающим герконы только вида РЗ-П.

3. Оценка областей применения поляризованных герконов и электротехнических устройств

Применение предлагаемой конструкции на практике показало, что массовая доля поляризующего магнита не превышает 25 % массы герконов. Например, масса магнита, изготовленного из магнитопласта МЖБ-МП2 [5] для геркона МКС-17103 с магнитодвижущей силой (МДС) срабатывания 50 А, составила 22 % от фактической массы геркона.

Объемная величина магнита относительно объема колбы геркона составляет приблизительно 10 %, а диаметр кольцевого магнита может находиться в пределах диаметра колбы геркона. Технологичность предлагаемой конструкции для настройки состояния и параметров одностабильных и двухстабильных поляризованных герконов обусловлена доступным расположением магнита с торца геркона. Такое расположение обеспечивает и удобство в применении поляризованных герконов в качестве концевых выключателей, переключателей, датчиков уровня, в различных реле и комбинированных устройствах, управляемых как обмоткой, так и перемещением управляющих магнитов и шунтирующих элементов.

Практические результаты использования предлагаемых поляризованных герконов показали, что применение магнитопластов, изготовленных из композиций неодим–железо–бор или самарий–кобальт, обладающих удельной энергией до 60 кДж/м^3 , позволяет использовать постоянный магнит, доля массы которого, например, в реле, находится в пределах от 1 до 3 %, а воздействие стороннего размагничивающего поля, напряженность которого $H_{ст}$ соизмерима и даже превышает коэрцитивную силу магнита $H_{св}$, не приводит к потере работоспособности реле (стр. 22-26 [6]). Например, коэрцитивная сила магнитопласта МЖБ-МП2 $H_{со} = 720 \text{ кА/м}$ [4]. Простота регулировки параметров реле, малые размеры магнитов и шунтов, их удобное расположение позволяют провести модернизацию всех серийно выпускаемых нейтральных герконовых реле, например, типа РЭС 55, РЭС 64, РЭС 91, РЭС 93 и др. При этом точность регулировки напряжений срабатывания может достигать десятых, сотых долей вольт, чувствительность реле повышается в 3-5 раз, а другие параметры реле по действующим техническим условиям остаются неизменными.

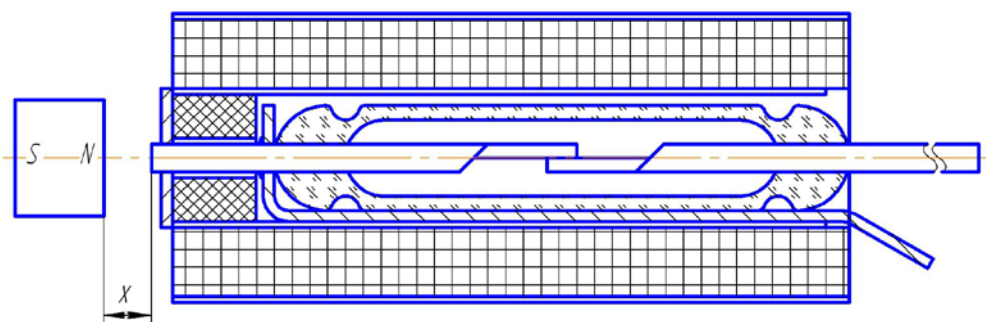


Рис. 5. Коммутационное устройство, управляемое постоянным магнитом и/или обмоткой

На рис. 5 представлен вариант коммутационного устройства, управляемого постоянным магнитом и/или обмоткой (обмотками). При изменении расстояния «х» между управляющим магнитом и торцом вывода геркона с расположенным на нем поляризующим магнитом изменяется состояние контактов (замыкание, размыкание). Обмотка может самостоятельно управлять состоянием контактов или по току срабатывания и его изменению дает возможность оценки величины внешнего магнитного поля или расстояния «х».

4. Состояние работ по теме «Поляризация» в ОАО «Завод «Электроприбор»

1. Подана заявка на получение патента на изобретение «Поляризованный геркон и поляризованное коммутационное устройство».
2. Оформлена эскизная документация, изготовлены макетные образцы, определены основные параметры.
3. Проводятся маркетинговые исследования по модернизируемым реле:
 - типа РГК37М, РЭС91М;
 - по переключателям для охранных систем, обеспечивающих требования стандарта МЭК 62642–2–6 по степени риска: 3 – средний риск; 4 – высокий риск.

5. Обзор других работ, проводимых предприятием с применением герконов

Наше предприятие является разработчиком и серийным производителем высокочувствительных нейтральных герконовых реле межотраслевого применения, в том числе и для аэрокосмических отраслей. Тема эта емкая и требует отдельного доклада.

Однако необходимо сказать о внедрении на предприятии автоматизированного контроля параметров реле с применением тестера «Formula-R». Наряду с другими преимуществами этой технологии появилась возможность 100 %-го контроля временных параметров, в том числе времени дребезга и стабилизации контактов (стр. 4 [7]). Учитывая тенденции на введение нормирования этих параметров в ТУ на слаботочные реле всех типов, рекомендуем техническим специалистам ОАО «РЗМКП» проработать вопрос возможности их нормирования для герконов. В любом случае, учитывая доклад В.М. Ермакова, Н.Д. Попова на предыдущей конференции «Дребезг контакт-деталей в НЗ паре переключающего геркона, как информативный параметр оценки контактного нажатия» и принимая во внимание проблемы, периодически возникающие с ресурсом НЗ контакта на периодических испытаниях, необходимо переоценить действующую технологию и внедрить 100%-ный контроль на ПСИ герконов по временным параметрам. Проблемы качества переключающих герконов должны быть решены в кратчайшие сроки.

А в продолжение темы «Поляризация» необходимо вспомнить авторское свидетельство СССР № 674112 «Путевой переключатель» от 1979 г., авторы – Шибанов В.К., Шоффа В.Н. и др. (стр. 298 [1]).

На российском рынке в настоящее время предлагается сигнализатор ферромагнитной поверхности «СФП» типа «Бульдог», выполняющий функцию охранного извещателя. Наше предприятие предлагает потенциальным потребителям сигнализаторы СФП-3, СФП-5. На рис. 6 представлен габаритный чертеж и основные параметры сигнализатора СФП-3.

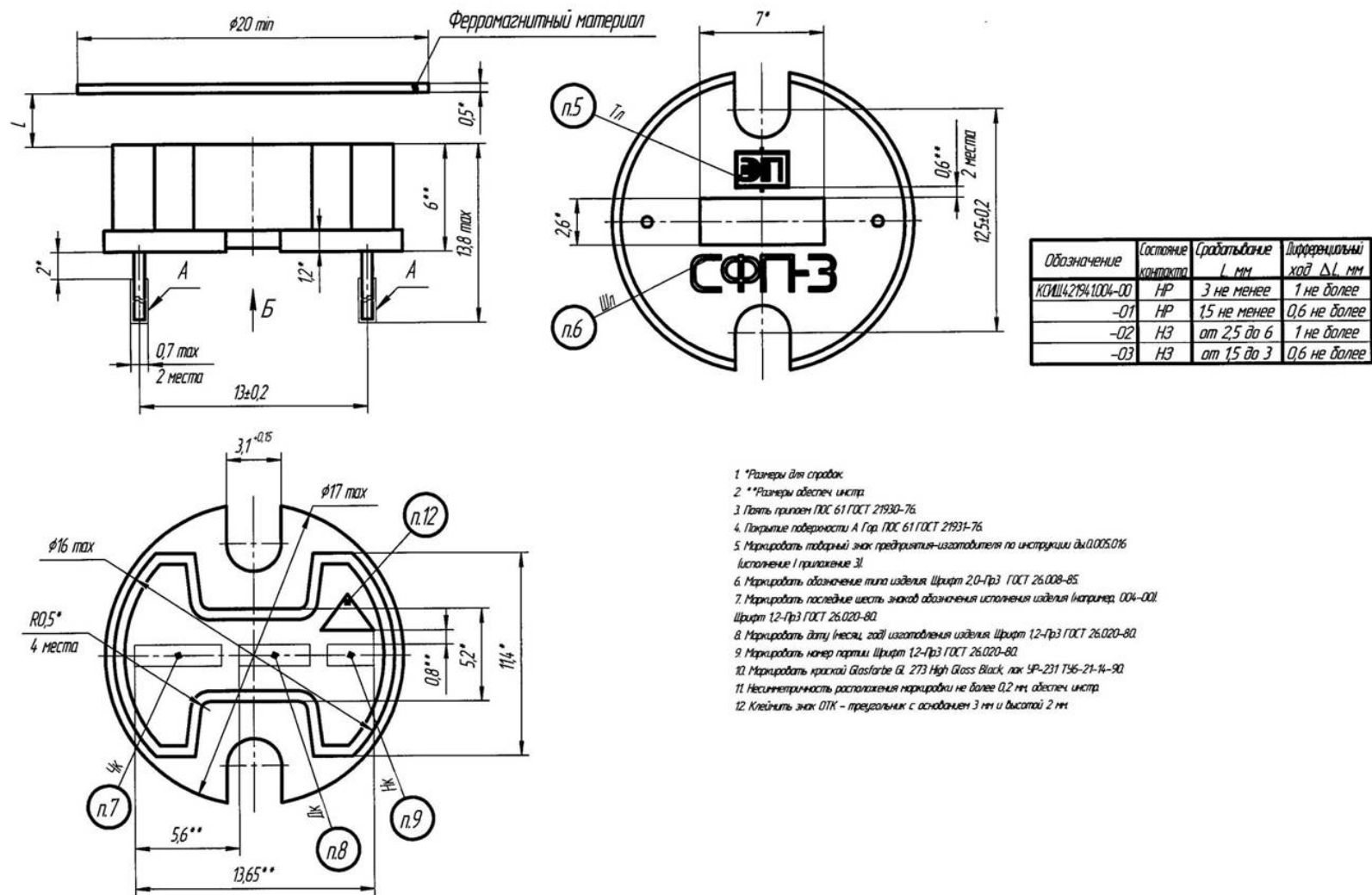


Рис. 6. Габаритный чертеж сигнализатора СФП-3

Предлагаются варианты их применения в комбинации с магнитами различной энергии и в произвольном количестве, позволяющем оперативно перепрограммировать частоту и длительность их работы (сигналов). Низкая стоимость магнитопластов позволяет применять их, например, в целях автоматизации конвейерных и складских производств.

Сравнение их массогабаритных характеристик, потенциально достижимых параметров и цен с индуктивными датчиками положения практически исключает целесообразность применения последних в работе с ферромагнитными материалами [8].

Необходимо отметить, что фирма MEDER предлагает широкий перечень аналогичных датчиков с размерами 32,2x16,7x10, но нижний диапазон рабочих температур не ниже -30 °С [9].

Литература

1. Магнитоуправляемые контакты (герконы) и изделия на их основе: Монография / С.М. Карабанов, Р.М. Майзельс, В.Н. Шоффа, под ред. д.т.н. профессора В.Н. Шоффы – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2011.
2. Харазов К.И. Устройства автоматики с магнитоуправляемыми контактами. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
3. www1.fips.ru.
4. Контакт магнитоуправляемый герметизированный МКС-27703. ЯВАФ.685191.016 ТУ.
5. Магниты постоянные из сплава типа неодим-железо-бор. ТУ 4229-007-18413702-2003.
6. Материалы в приборостроении и автоматике: Справочник / Под ред. Ю.М. Пятин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1982.
7. ГОСТ РВ 5245-002-2008 Реле слаботочные электромагнитные герметичные.
8. www.platan.ru.
9. www.meder.com.