

НАДЕЖНОСТЬ В ДЕТАЛЯХ: КАК ВЫБРАТЬ СОЛЕНОИДНЫЕ КЛАПАНЫ

АЛЕКСАНДР ПОЛЯКОВ
Alexander.Polyakov@Emerson.com

Когда требуется обеспечить надежность и безотказность работы оборудования, следует обращать внимание не только на цену покупки — даже если речь идет о таких, казалось бы, простых устройствах, как клапаны. В статье рассмотрены факторы, которые рекомендуется учитывать при выборе соленоидных клапанов, чтобы избежать быстрого ухудшения их характеристик.

НАДЕЖНОСТЬ

Общая надежность любой системы на производственном предприятии не может превышать надежность последнего звена в цепочке управления. Во многих случаях таким звеном является соленоидный клапан с дистанционным управлением, который запускает или останавливает производственный процесс.

По сути, соленоидный клапан — это устройство для электрического прерывания или отвода потока рабочей среды в трубе. Существует множество типов соленоидных клапанов, однако все они основаны на одном принципе: отверстие закрывается или открывается для того, чтобы регулировать поток. Области применения таких клапанов разнообразны. С одной стороны, их можно использовать для управления стандартными отсечными и регулирующими клапанами или же специальными клапанами — например, клапанами систем повышенной надежности для защиты от превышения давления (High Integrity Pressure Protection System, HIPPS) и клапанами аварийного отключения (Emergency Shutdown, ESD). С другой, они подходят и для непосредственного управления рабочими средами при контроле пожаротушения или управления системами обеспечения паром, водой и воздухом. Соленоидные клапаны также широко используются в пневматических системах и элементах управления. Во всех этих случаях надежность работы оборудования имеет первостепенное значение.

Для сокращения издержек некоторые предприятия приобретают соленоидные клапаны, основываясь только на их цене. Однако ошибочно полагать, что все клапаны одинаковы и мало что может пойти не так с этими, казалось бы, простыми устройствами, которые обычно состоят из катушки, плунжера и седла. Разработанный на высоком техническом уровне соленоидный клапан может стоить дороже, но расходы в течение срока его службы будут значительно ниже, чем у более дешевых эквивалентных клапанов.

Для подтверждения этого тезиса о ложной экономии рассмотрим традиционный соленоидный клапан. Чтобы уплотнить шток для предотвращения утечки, в них обычно используются специальные кольца. Такая конструкция имеет множество недостатков. Герметизирующая способность уплотнительного кольца со временем снижается из-за износа резины, что приводит к утечкам рабочей среды. Из-за этого рабочая среда или присутствующие в ней загрязнения могут накапливаться на штоке клапана, увеличивая трение. Кроме того, в некоторых конструкциях требуется вентиляционное отверстие, чтобы обеспечить плавное движение штока клапана. Однако из-за такого отверстия внутренние части клапана становятся уязвимыми к загрязнениям из атмосферы, которые также могут откладываться на штоке.

Все эти факторы могут привести к замедлению срабатывания

и потенциальным сбоям клапана, а, например, в HIPPS и системах аварийного отключения важна каждая доля секунды. Чтобы справиться с повышенным трением, некоторые поставщики используют более упругую пружину, которая позволит клапану по-прежнему работать при увеличении трения. Для преодоления такой упругости пружины требуется большее значение FFR (Force Friction Ratio — соотношение силы и трения). Соответственно, необходим соленоид большей мощности, а при увеличении мощности выделяется больше тепла. Повышение температуры, в свою очередь, может отрицательно сказаться на сроке службы соленоид. Помимо этого, катушка с повышенным энергопотреблением может повысить расходы на установку клапана, поскольку могут потребоваться провода большего сечения или инженеры будут вынуждены использовать меньше клапанов в одном контуре управления.

Отказы соленоидных клапанов приводят к простоям оборудования со всеми сопутствующими проблемами и затратами. А если клапан заклинит в ситуации, когда требуется аварийное отключение, то результат может быть фатальным.

Надежность можно определять по-разному, однако в инженерной терминологии она характеризует степень доверия к оборудованию, т. е. способность системы или компонента работать в заявленных условиях в течение указанного периода без неполадок и отказов. Надежность,

безусловно, тесно связана с безопасностью системы: для анализа обоих показателей применяются общие методы и они зависят друг от друга. Кроме того, данный параметр оказывает влияние на стоимость сбоев, которая состоит из стоимости простоя системы, запасных частей, оборудования для ремонта, труда персонала и затрат на претензии по гарантиям.

ОСОБЕННОСТИ КАТУШКИ

Одной из важнейших частей соленоидного клапана является электромагнитная катушка, которая существенно влияет на его надежность. Задача катушки — создавать электромагнитное поле, которое будет поднимать сердечник/штока, чтобы открыть нормально закрытый клапан (НЗ) или закрыть нормально открытый (НО). Без нее внутренние компоненты клапана просто не смогут перемещаться при подаче напряжения.

Некоторые поставщики соленоидных клапанов приобретают катушки у сторонних производителей, зачастую не имеющих собственного интереса в их оптимизации. Им предоставляется чертеж и технические характеристики, и они поставляют продукт, отвечающий этим требованиям. В свою очередь, собственное производство катушек позволяет отслеживать каждый аспект производственного процесса, совершенствовать его и внедрять новые технологии, а не просто разрабатывать конструкцию, которая будет использоваться без изменений в течение длительного времени.

Для изготовления надежной электромагнитной катушки производитель должен соблюдать стандарты IEC 335 для электрических устройств. Также нужно установить класс изоляции: у стандартных катушек это E, F или H. Класс изоляции определяет максимальную рабочую температуру катушки в течение конкретного срока службы (рис. 1). Например, в соответствии с европейским стандартом IEC 335 катушки класса H должны выдерживать 20 000 ч при +180 °С, а катушки класса F — 20 000 ч при +155 °С. Однако по требованиям американского стандарта UL катушки должны выдерживать 30 000 ч как в классе H (при +180 °С), так и в классе F (при +155 °С). Оптимизированный соленоидный клапан

будет содержать проводник из меди высокой чистоты, отвечающей более строгим международным стандартам, а также изолирующее покрытие класса H по UL, которое обеспечит длительный срок службы.

При производстве катушки одной из важных целей является «идеальная обмотка»: чтобы витки катушки были абсолютно однородны и каждый последующий слой идеально ложился на предыдущий (рис. 2). Такая обмотка приближается к 100% -ной эффективности, а также уменьшает риск возникновения горячих участков, которые являются потенциальными точками отказа.

После намотки проводника катушку следует заключить в оболочку, чтобы обеспечить изоляцию и защиту от повреждения и влаги. Эпоксидная литая оболочка имеет лучшие характеристики, поскольку является прекрасным изолятором и негигроскопична. В конечном счете, каждая катушка, предназначенная для использования в соленоидном клапане, должна быть спроектирована и испытана для непрерывной службы, а также отвечать требованиям стандарта IEC 216 к термостойкости.

ОПТИМАЛЬНАЯ КОНСТРУКЦИЯ

Как уже отмечалось выше, традиционные конструкции клапана, в которых используются уплотнительные кольца и вентиляционные отверстия, не соответствуют требованиям безопасности и надежности.

Необходим иной подход к разработке соленоидного клапана — без уплотнения, с низким коэффициентом трения и без заедания. Для этого между штоком и корпусом клапана можно использовать специальное двухслойное динамическое уплотнение, не содержащее никаких резиновых компонентов, которые, как уже говорилось, со временем разрушаются. Внутренний слой уплотнения (U-образное кольцо, находящийся в соприкосновении со штоком клапана, может быть изготовлен из PTFE и поддерживаться уплотнительным кольцом из эластомера. Для таких колец используется эластомер, устойчивый к воздействию окружающей среды. Он создает преднагрузку для U-образного кольца из PTFE и обеспечивает статическое уплотнение. В сочетании со штоком клапана,

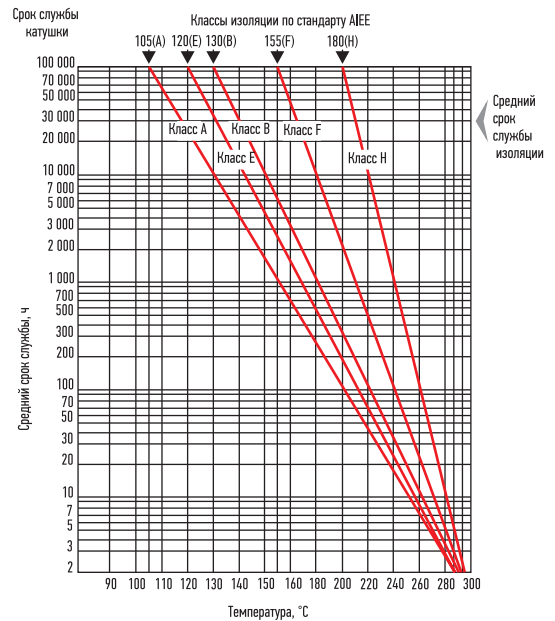


РИС. 1. ▲ Предполагаемый срок службы катушки

поверхность которого отполирована с точностью до микрона, такая конструкция эффективно предотвращает любое заедание и сводит к минимуму трение штока.

Риск заедания также снижается за счет устранения необходимости в вентиляционных отверстиях. Клапан с «недышащей» конструкцией не допускает проникновения грязи из окружающей среды.

Представленная конструкция имеет низкое значение FFR, что позволяет избежать потребности в мощной пружине и использовать катушку с пониженным энергопотреблением (1,8 Вт, 0,5 Вт IS). У такого решения множество преимуществ. Например, при модернизации завода можно устанавливать новые соленоидные клапаны без замены кабелей или добавления источников питания. Катушка с пониженным энергопотреблением позволяет выполнять больше работы в той же инфраструктуре — например,

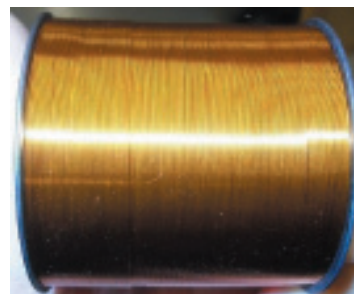


РИС. 2. ◀ Идеальная обмотка



РИС. 3. ▲
Соленоидные клапаны
ASCO серии 327

питать большее количество устройств. Дополнительным преимуществом является то, что меньшая мощность означает меньшую температуру: это приводит к более длительному сроку службы катушки с сокращением эксплуатационных расходов.

Кроме того, качественные клапаны поставляются с соответствующими целевому назначению руководствами по установке и обслуживанию. Эти документы также содержат рекомендации по достижению «чистой» среды и обеспечению максимальной защиты с помощью фильтров и выхлопных устройств, которые позволяют избежать попадания в клапан любых загрязнений, способных нарушить его нормальную работу и/или снизить долговечность.

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ РАБОЧИЕ УСЛОВИЯ

Надежность соленоидных клапанов становится еще важнее в экстремальных рабочих условиях. Например, рассмотрим управление

приводом клапана при очень низкой температуре.

Существует множество документальных свидетельств того, что уровень надежности соленоидных клапанов уменьшается по мере понижения температуры. Решение такой проблемы — сертифицированные соленоидные клапаны, работающие при температурах $-60...+90$ °С.

При работе в коррозионных средах, например содержащих сернистый газ, где часто происходит сульфидное растрескивание под напряжением, все материалы внутренних и внешних компонентов клапана должны отвечать требованиям NACE.

В целом, для любых экстремальных рабочих условий рекомендуется подбирать соленоидные клапаны, защищенные от коррозии и имеющие долгий срок службы, а также сертифицированные признанными в отрасли органами, такими как Exida и TÜV.

Наконец, для потенциально взрывоопасных сред инженерам следует остановить свой выбор на соленоидных клапанах с широким ассортиментом вариантов взрывозащиты и сертификацией, делающей их пригодными для использования в опасных средах, — TP TC 012/2011, ATEX, IECEx, NEMA/UL/CSA, NEPSI, PESO, INMETRO и KOSHA.

РЕШЕНИЕ EMERSON

Клапаны ASCO серии 327 от компании Emerson (рис. 3, табл.) — это универсальные соленоидные клапаны 3/2 прямого действия (со сбалан-

сированной тарелкой), доступные в различных исполнениях по материалам, мощности, пропускной способности и сертификации. Они подходят для различных задач, например для управления приводом, разгрузки компрессора и контроля над средствами обеспечения, и могут использоваться в составе широкого диапазона инженерных решений, среди которых системы управления приводом, системы управления с резервированием и байпасные панели.

Благодаря уникальной конструкции и заверенному сертификатами соответствию требованиям безопасности, клапаны серии 327 являются проверенным, безопасным, надежным и адаптируемым решением, подходящим для использования в жестких промышленных условиях. Такой клапан обладает взрывозащитой и превосходит строгие требования нефтегазовой отрасли.

Клапаны обладают прочной «недышащей» конструкцией, специальным устройством уплотнения и катушкой с увеличенным сроком службы. Все катушки проектируются и изготавливаются на собственных заводах Emerson.

Также клапаны серии 327 позволяют значительно сократить время технического обслуживания и расходы на ввод в эксплуатацию. Например, устройство для управления клапаном при недостаточном давлении можно извлечь вручную, без демонтажа клапана или выключения пневматической системы оборудования.

К другим преимуществам данных клапанов относятся:

- модели с пониженным энергопотреблением, которые уменьшают размеры источников питания и кабелей;
- отвечающие требованиям NACE материалы, снижающие риск коррозии;
- катушки класса H с эпоксидной оболочкой для долгого срока службы;
- внутренняя устойчивость к вибрациям;
- наличие постоянного воздушного зазора (даже при подаче питания), который снижает любые риски заедания (рис. 4), вызванные остаточным магнетизмом.

ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ

Чтобы подчеркнуть преимущества высококачественных соле-

ТАБЛИЦА. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛАПАНОВ ASCO СЕРИИ 327

Материал корпуса клапана	Нержавеющая сталь 316L / латунь / алюминий
Размер	1/4", 1/2"
Пропускная способность (Kv)	До 1,5 м³/ч
Давление	ΔP 0–10 бар
Рабочая температура	$-60...+120$ °С
Класс SIL	До 3 (Exida и TÜV)
Энергопотребление	от 0,5 Вт
Материал корпуса оболочки катушки	Алюминий / нержавеющая сталь 316L / заливка эпоксидной смолой
Дополнительные возможности	Ручное управление, ручной сброс, съемное ручное управляющее устройство
Международная сертификация Ex	CU TR (TP TC), ATEX, IECEx, NEMA/ UL/CSA, NEPSI, PESO, INMETRO, KOSHA и т. д.
Сертификаты безопасности	Exida, TÜV

ноидных клапанов, рассмотрим управление клапаном ESD на нефтеперерабатывающем заводе. При нормальной работе на такие клапаны подается питание для поддержки технологического клапана в открытом состоянии. Соответственно, в случае аварийной ситуации соленоидный клапан должен быть обесточен и быстро закрыться, чтобы перекрыть технологический клапан. Поскольку соленоид такого типа обычно подолгу работает в режиме ожидания, разрушение уплотнительного кольца и повышенное трение значительно замедлят его отклик при закрытии.

Чтобы измерить время отклика соленоидного клапана после работы в режиме ожидания, было проведено испытание. Оно показало, что клапан ASCO 327 срабатывал значительно быстрее, чем изделие конкурента, которое, помимо прочего, имело большее усилие возврата пружины. Таким образом, клапаны ASCO демонстрируют более стабильное и надежное поведение по прошествии долгого времени, чем аналогичные устройства (рис. 5).

Снижение риска заедания

- Постоянный воздушный зазор
 - Кольцо из PTFE — снижает трение
 - Устройство двойного уплотнения — нет необходимости в более упругой пружине
- «Недышащая» конструкция

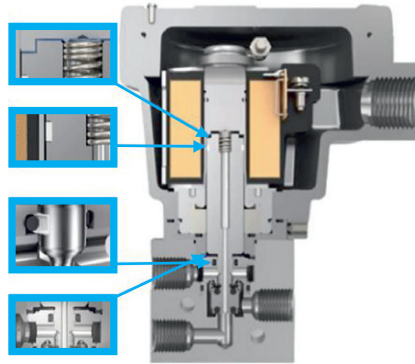


РИС. 4. ◀ Конструкция для снижения риска заедания

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Покупка недорогого соленоидного клапана на первый взгляд может показаться выгодной. Для многих инженеров клапаны — это простые устройства для прерывания или отвода потока в трубе. Однако если необходимо быть уверенным в том, что соленоидный клапан мгновенно откроется или закроется, когда это потребуется, даже после длительного периода ожидания, единственным вариантом являются высококачественные инженерные решения. ●

РИС. 5. ▼ Быстро закрывающийся соленоидный клапан повышает безопасность применения

