

## ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ НОВОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КЛАПАНА-ОТСЕКТЕЛЯ

Представлена новая конструкция электромагнитного клапана-отсекателя, который срабатывает при повышении давления в трубопроводе на 25% от номинального, а также от сигнала, поступающего на соленоид отключения газовой защиты при появлении опасной концентрации метановоздушной смеси. Проведено экспериментальное определение времени срабатывания разработанного клапана. Установлено, что функция распределения интервалов времени срабатывания механической части защиты не противоречит распределению Вейбулла с параметрами  $\theta_1 = 1,37$  и  $\beta_1 = 16$ .

**Ключевые слова:** взрывобезопасность, клапан-отсекатель, заслонка, разобщитель, герконы, электромагнит, отключающий механизм, распределение Вейбулла.

**Введение.** Одним из основных элементов, участвующих в обеспечении взрывобезопасности газифицированных помещений, использующих природный газ под давлением до 3 кПа, является предлагаемый клапан-отсекатель, конструкция которого приведена в [1].

При разработке требований на создание предложенного нами клапана-отсекателя исходили из следующего:

а) минимальная стоимость (вес, габаритные размеры) по сравнению с существующими конструкциями клапанов-отсекателей, выполняющих аналогичные функции;

б) повышенная надежность за счет упрощения конструкции, т.е. уменьшения числа трущихся частей деталей в системе аварийного отключения клапана-отсекателя;

в) объединение двух функций различных клапанов-отсекателей в одну конструкцию. При повышении давления в трубопроводе срабатывает механическая защелка и клапан-отсекатель перекрывает подачу газа потребителю. При случайном появлении аварийной концентрации газа в помещении срабатывает газовая защита и через промежуточное реле напряжение подается на обмотку электромагнита отключения, который воздействует на механическую защелку и прекращает подачу газа по вводному газопроводу.

Известен автоматический отсекающий клапан, который содержит два корпуса с сообщающимися полостями. В одном из них установлено седло с подвижно закрепленной на нем заслонкой, в другом размещен поворотный механизм заслонки, содержащий втулку, выполненную с возможностью перемещения и с расположенной внутри нее осью с уступом, которая посредством пружины соединена со второй втулкой, соединенной с рычагом. Клапан-отсекатель содержит также фиксатор положения заслонки, выполненной в виде пневматического цилиндра, шток которого, перемещаясь перпендикулярно оси, фиксирует её. Клапан оснащён системой сброса давления, фиксатор положения заслонки связан с трубопроводом подвода рабочего

вещества к клапану-отсекателю [2].

Наиболее близким к предложенному изобретению является автоматический отсекающий клапан [3]. Этот клапан содержит два корпуса с сообщающимися полостями. В одном из них установлено седло с подвижно закрепленной на нем заслонкой, в другом размещен поворотной-подъемный механизм заслонки, содержащий втулку, выполненную с возможностью перемещения и с расположенной внутри нее осью. Рычаг одним концом связан с заслонкой. Имеется фиксатор положения заслонки. Фиксатор положения заслонки выполнен в виде электромагнита, сердечник которого расположен между рычагом и втулкой. Сердечник и втулка выполнены с возможностью их соединения в нижнем положении заслонки и разъединения – в ее верхнем положении. Сердечник и втулка имеют электромагнитное соединение в нижнем положении заслонки. Для соединения втулки и сердечника втулка снабжена наконечником с разрезным пружинным кольцом, расположенным в выполненном в наконечнике кольцевом пазу прямоугольного профиля, а сердечник имеет полость для размещения в ней наконечника и канавку с угловым профилем для размещения пружинного кольца наконечника. Клапан-отсекатель дополнительно содержит блок управления и контроля положения заслонки. Блок управления и контроля положения заслонки включает светодиоды, герконы и реле. Герконы установлены с возможностью управления электромагнитным полем катушки. Блок управления и контроля положения заслонки включает дополнительную ось, расположенную параллельно оси подъемно-поворотного механизма и связанную с ней посредством зубчатой передачи, гайку с постоянным магнитом, выполненную с возможностью перемещения относительно дополнительной оси. Герконы, светодиоды, блок управления через реле связан с блоком питания и выходами для подключения к датчикам. Корпус поворотной-подъемного механизма со стороны выхода снабжен крышкой, имеющей выступающую внешнюю часть, а ось блока управления и контроля положения заслонки проходит через выступающую часть крышки. Клапан-отсекатель дополнительно содержит кожух для размещения в нем блока управления, при этом герконы размещены с внутренней стороны кожуха напротив гайки с магнитом при нижнем и верхнем положениях заслонки. Для перемещения втулки корпус подъемно-поворотного механизма снабжен резьбой, а ось – штифтом, установленным в выполненных под него во втулке продольных пазах. Для перемещения втулки корпус подъемно-поворотного механизма снабжен продольными пазами, при этом втулка снабжена выступами для соединения с пазами и внутренней резьбой, а ось – соответственно имеет наружную резьбу. Для выравнивания давления каналы выполнены в теле сердечника и наконечнике, с помощью которого можно осуществлять перекрытие подачи газа в аварийных режимах, однако работа клапана отсечки осуществляется посредством его управления только за счёт электромагнита, который приводится в действие (срабатывает) посредством сигналов, посылаемых газовыми датчиками, и при выходе из строя которых нарушается работа клапана, а также не обеспечивается требуемая надёжность срабатывания в случае возникновения аварийной ситуации.

Основным недостатком такой конструкции клапана-отсекателя является: большое количество подвижных элементов и шарнирных соединений, из которых выполнен поворотный-подъемный механизм для регулировки газового потока, что значительно снижает надёжность и быстродействие этого механизма, что может привести к отказу в срабатывании такого типа клапана-отсекателя при появлении взрывоопасных ситуаций.

Кроме этого, сложная технология изготовления клапана приводит к высокой стоимости изделия. Поэтому в предлагаемом нами клапане-отсекателе, назовем его КОГ-1, за счет особенности конструктивных элементов и их связей обеспечивается более высокая надёжность в срабатывании, а также возможность работы от аварийных датчиков различных типов при упрощении самой конструкции.

Чертеж клапана-отсекателя изображен на рис. 1, а. Устройство защиты для обеспечения взрывобезопасности газифицированных помещений, содержащее корпус 1 с сообщающимися полостями, в одной из которых расположен клапан отсечки 2 с подвижно закреплённым средством для перекрытия подачи газа – запорным шаром 3, в другой размещены механизм, содержащий разобщик 4, выполненный с возможностью перемещения и одним концом контактирующий с клапаном отсечки 2, а другим с датчиком давления 5 и датчиком загазованности 6, фиксатор положения клапана отсечки, представляющий собой электромагнит 7, сердечник и втулка которого выполнены с возможностью их соединения в нижнем положении, клапан отсечки 2 выполнен в виде вертикально расположенного штока 8, на нижнем конце которого посредством пружины 9 закреплён запорный элемент в виде шара 3, при этом разобщик 4 установлен перпендикулярно клапану отсечки 2 и датчику давления 5, состоящего из поршня 10 и пружины 11, причём поршень 10 выполнен в месте контакта с разобщиком скошенным, и скос является гипотенузой прямоугольного треугольника, горизонтальный катет которого равен длине защелки клапана отсечки 2. Скос поршня 10 необходим для перемещения в горизонтальной плоскости посредством датчика давления 5 разобщика 4 и выхода его из зацепления с клапаном отсечки 2. При этом нижняя часть поршня датчика давления 5 до начала скоса выполнена цилиндрической, а верхняя часть представляет собой четырёхугольник, для обеспечения работы разобщика и возможности его перемещения в горизонтальной плоскости. Электромагнит 7 размещён на корпусе со стороны датчика давления 5 и соединён с разобщиком 4 и датчиком загазованности 6, при этом в трубопроводе 13 подвода газа к газовым приборам, размещённом в корпусе устройства, в нижней его части выполнен канал 14 для прохождения избыточного количества газа при аварийном повышении давления, который перекрывается поршнем 10 датчика давления 5.

Запорный элемент выполнен в виде шара 3, находящегося в плавающем состоянии, так как шар является наиболее удобной фигурой для перекрытия канала и обеспечивает максимальную герметичность, также он используется практически во всех цилиндрических и пневматических системах.

Разобщик снабжён пружинами 15, установленными со стороны ввода в корпус с возможностью возвратно-поступательного перемещения.

Внешний вид клапана-отсекателя изображен на рис. 1, б.

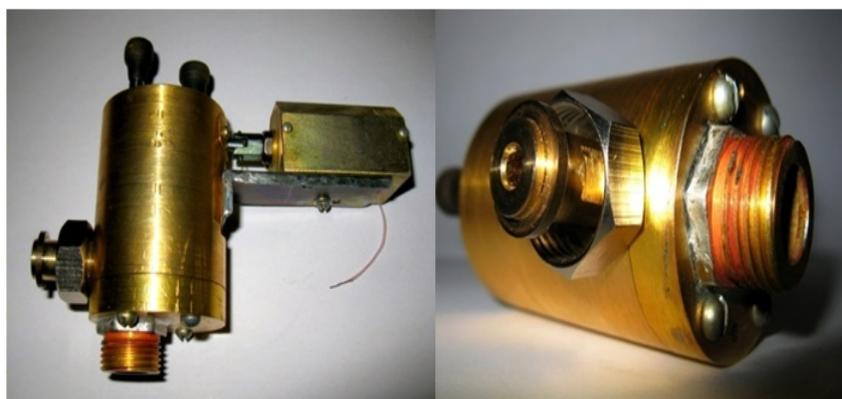
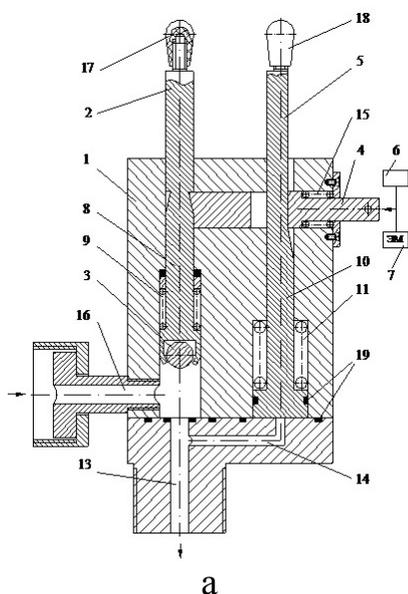
В качестве датчика загазованности б используется датчик TGS6810-A00, выпускаемый промышленностью серийно.

Газ поступает в устройство защиты посредством штуцера ввода газа 16.

Клапан отсечки и датчик давления оснащены рукоятками 17 и 18 соответственно. Первая служит сигналом срабатывания, а вторая необходима для проверки работоспособности клапанов устройства: при её поднятии вверх должен сработать клапан отсечки 2.

В местах состыковки деталей для обеспечения необходимой герметизации имеются уплотнения 19.

Предложенное устройство работает следующим образом. Устройство встраивается в трубопровод низкого давления на вводе в квартиру. При поступлении газа через штуцер 16 ввода он поступает в трубопровод 13 подвода газа к газовым приборам.



б

Рис. 1 – Клапан-отсекатель КОГ-1, который устанавливают перед газовыми приборами: а – схематический чертеж; б – внешний вид предлагаемого клапана

В случае повышения давления во вводном трубопроводе до критического значения (50,6 кПа), газ поднимается по каналу 14 и давит на поршень 10. Последний, воздействуя на пружину 10, поднимается вверх и при помощи скоса на поршне 10 управляющего клапана 5, высвобождает разобщитель 4 (выталкивает его из корпуса устройства), удерживающий в верхнем положении клапан отсечки 2, который, таким образом, выходит из зацепления с разобщителем 4.

Опускаясь вниз, клапан отсечки 2, под действием пружины 9 перекрывает поступление газа с помощью запорного шара 3.

Для возврата клапана в исходное (верхнее) положение, необходимо вручную поднять возвратный шток 17 и клапан зафиксировать в нормально открытом положении.

Если же давление не пришло в норму описанным выше способом, устройство снова работает на перекрытие газового потока: клапан отсечки 2

мгновенно перейдет в нижнее положение.

Также предусмотрена работа устройства от датчиков различных типов (загазованности, давления). Принцип работы аналогичен.

Рассмотрим работу устройства при подключении датчика загазованности 6. В этом случае управление производится с помощью импульсов, вырабатываемых микроконтроллером (на чертеже не показан), на который подаются входные сигналы от датчика загазованности 6, установленного в потолочной зоне 30-40 см над газовой плитой.

При повышении концентрации метана в помещении до уровня 40 % от нижней концентрации предела взрываемости (НКПВ), т.е. при повышении содержания метана в воздухе до 2 %, микроконтроллер подаёт импульс на обмотку электромагнита 7, который втягивая разобщик 4, высвобождает шток клапана отсечки 2, клапан срабатывает и с помощью пружины шариком перекрывает подачу газа в газовые приборы.

Разобщик 4 конструктивно выполнен таким образом, что может воздействовать на клапан отсечки 2 (выходит с ним из зацепления) при помощи как встроенного датчика давления 5, так и под действием электромагнита 7, управляемого датчиком загазованности 6.

Для фиксации клапана отсечки 2 в исходном (открытом) положении, шток 17 взводится вручную. В случае продолжения аварийной ситуации клапан вновь сработает на перекрытие газа.

Сигналом того, что клапан отсечки 2 сработал, является его перемещение в вертикальной плоскости вниз (при срабатывании красная метка, нанесённая в верхней части штока 8, прячется в корпус), что обеспечивает визуальный контроль срабатывания без вспомогательных средств (сигнальных лампочек, диодов).

Разность давлений помогает втягивать запорный шар 3 в отверстие в трубопроводе, способствуя более плотному прилеганию.

Предлагаемый клапан может быть установлен после имеющегося в газифицированном помещении вентиля, связывающего общий стояк с разводкой газа.

Для определения времени срабатывания предлагаемого клапана-отсекателя при повышении давления в трубопроводе был использован компрессор.

В трубопроводе, где был установлен клапан-отсекатель КОГ-1 скачком изменялось давление с 3 до 50,6 кПа. При этом время срабатывания клапана измерялось с помощью устройства, используемого для определения времени срабатывания выключателя [4].

Под наблюдением находилось  $n=10$  однотипных по характеристикам клапанов-отсекателей. Время срабатывания одного из 10 клапанов-отсекателей фиксировалось и результат измерения заносился в табл. 1.

Необходимо определить, не противоречит ли статистика (колонка 2 табл. 1) функции распределения вероятностей Вейбулла по критерию согласия Манна [5].

Обозначим  $t_1, t_2, \dots, t_r$  – первые  $r$  порядковых статистик, длительности срабатывания клапана-отсекателя. В нашем случае  $n=r$ . Обозначим через  $x_i = \ln t_i$ ,  $i = \overline{1, r}$ . Используя [6] для случая:  $n=10$ ,  $r=10$  и  $\alpha=0,95$ , находим  $S_1=0,218$  и

таблицы [5] находим  $S_{кр}=0,69$ , так как  $S_I < S_{кр}$ , то гипотеза о том, что представленная статистика не противоречит закону распределения Вейбулла с параметрами  $\tilde{\theta}_1=1,37$  и  $\beta_1=16$  подтверждается.

Таблица 1 – Результаты экспериментальных исследований времени срабатывания клапана-отсекателя при скачкообразном изменении давления во вводе трубопроводе с 3 до 50,6 кПа

$I$	$t_r, c$	$x_i$	$M_i$	$x_{i+1} - x_i$	$(x_{i+1} - x_i)/M_i$	$a_i$	$c_i$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1,12	0,104360	1,053606	0,086260	0,081872	0,027331	- 0,072734
2	1,24	0,190620	0,559013	0,032523	0,058180	0,040034	- 0,077971
3	1,26	0,223144	0,399100	0,039221	0,098273	0,052496	- 0,077242
4	1,35	0,262364	0,324470	0,037740	0,116314	0,065408	- 0,071876
5	1,36	0,300105	0,286163	0,021979	0,076806	0,079263	- 0,061652
6	1,39	0,322083	0,269493	0,007220	0,026792	0,094638	-0,04542
7	1,41	0,329304	0,271645	0,014286	0,052591	0,112414	- 0,020698
8	1,46	0,343590	0,300869	0,007067	0,023489	0,134239	0,017927
9	1,48	0,350657	0,405316	0,007018	0,017314	0,164178	0,08507
10	1,49	0,357674	–	–	–	0,230001	0,324597

### Выводы

1. Предлагаемая конструкция клапана–отсекателя включает в себя две функции: срабатывает при аварийном повышении давления в трубопроводе; срабатывает при повышении концентрации газа в помещении выше нормируемого уровня.

2. Надежность предлагаемого клапана-отсекателя выше существующих, так как имеет меньшее число подвижных деталей в отключающем механизме.

3. Установлено, что функция распределения интервалов времени срабатывания механической части защиты не противоречит распределению Вейбулла с параметрами  $\tilde{\theta}_1=1,37$  и  $\beta_1=16$ .

**Список литературы:** 1. Патент на винахід, МПК (2006.01), F16K 17/04. Пристрій захисту для забезпечення вибухобезпеки приміщень, які експлуатують побутовий газ [Текст] / *Лехтман І. І., Ковальов О. П., Очкур М. М., Білоусенко І. В.* – № а 201105092; под. 21.04.2011. Решение о выдаче от 17.05.12. 2. ТУ 3742-024-00158824-99 Сертификат соответствия № РОСС RU.АЯ04.В02541 [Текст] / Клапан-отсекатель для защиты скважин и шлейфов в случаях аварийного повышения или понижения давления. 3. Патент на изобретение 2285180 РФ, МПК<sup>8</sup>, F16 K17/04 Клапан-отсекатель [Текст] / *Светушенко С. Г., Мокеев М. Ю., Смирнов Ю. А.* – заявл. 14.02.2005; опубл. 10.10.2006. – 7 с. 4. *Анчарова, Т. В.* Анализ взаимозаменяемости автоматических выключателей в осветительных сетях [Текст] / *Т. В. Анчарова, А. Г. Аветян* // Промышленная энергетика. – 2006. – № 1. – С. 9–14. 5. *Mann, N. R.* Tolerance Bounds a New

Goodness – of – Fit Test for Two-Parameter Weibull or Extreme – Value Distribution [Text] / N. R. Mann, K. W. Fertig, E. M. Scheuer. – Aerospace Research Laboratories, Wright Patterson Air Force Base, Ohio, ARL 71 – 0077, Contact No, AF 33 (615) – 70 – C – 1216, 1971. 6. Канур, К. Надежность и проектирование систем [Текст] / К. Канур, Л. Ламберсон. – М.: Мир, 1980. – 604 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Lehtman, I. I., Koval'ov, O. P., Ochkur, M. M., Bilousenko, I. V. (21.04.2011). Patent na vinahid, MPK (2006.01), F16K 17/04. Pristrij zahistu dlja zabezpechennja vibuhobezpeki primishhen', jaki ekspluatujut' pobutovij gaz. № a 201105092; Reshenie o vydache ot 17.05.12. 2. TU 3742-024-00158824-99 Sertifikat sootvetstvija № ROSS RU.AJa04.V02541. Klapan-otsekatel' dlja zashhity skvazhin i shlejfov v sluchajah avarijnogo povyshenija ili ponizhenija davlenija. 3. Svetushenko, S. G., Mokeev, M. Ju., Smirnov, Ju. A. (10.10.2006). Patent na izobrenenie 2285180 RF, MPK8, F16 K17/04 Klapan-otsekatel', 7. 4. Ancharova, T. V., Avetjan, A. G. (2006). Analiz vzaimozamenjaemosti avtomaticheskikh vykljuchatelej v osvetitel'nyh setjah. Promyshlennaja jenergetika, 1, 9–14. 5. Mann, N. R., Fertig, K. W., Scheuer, E. M. (1971). Tolerance Bounds a New Goodness – of – Fit Test for Two-Parameter Weibull or Extreme – Value Distribution. Aerospace Research Laboratories, Wright Patterson Air Force Base, Ohio, ARL 71 – 0077, Contact No, AF 33 (615) – 70 – C – 1216. 6. Kanur, K., Lamberson, L. (1980). Nadezhnost' i proektirovanie sistem. Mir, 604.

*Поступила (received) 22.05.2014*

## УДК 621.313

**Д. В. ПОЛКОВНИЧЕНКО**, канд. техн. наук, доц., ДонНТУ, Донецьк;  
**І. І. МОСКВІНА**, канд. техн. наук, доц., ДонНТУ, Донецьк

### УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОБСЛУГОВУВАННЯ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ

Виконано аналіз шляхів переходу від планово-попереджувальних ремонтів до системи обслуговування за фактичним станом короткозамкнених асинхронних двигунів за рахунок застосування методів діагностики, що дозволяють оцінити їх технічний стан в робочих режим. З цією метою запропоновано використовувати комплексний критерій справності, який визначається на підставі контролю несиметрії фазних струмів статора і кута нахилу механічної характеристики.

**Ключові слова:** асинхронні електродвигуни, технічне обслуговування, обслуговування за фактичним станом, діагностика, критерій.

**Постановка проблеми.** Найважливішим завданням в сучасній промисловості є питання забезпечення максимального виробничого ефекту (отримання максимального прибутку). Вирішення даного завдання в електричних системах багато в чому залежить від надійності роботи та від раціональності системи технічного обслуговування і ремонтів (ТОіР) електроустаткування.

У теперішній час для підтримки електроустаткування в працездатному стані використовуються ряд технічних заходів, обсяг і періодичність виконання яких нормується системою планово-попереджувальних ремонтів (ППР). Однак в сучасних економічних умовах ефективність виконання заходів, що регламентовані цією системою, є дуже низькою [1]. Технічне обслуговування й ремонт електроустаткування часто проводиться несвоєчасно. Це викликано тим,

© Д. В. ПОЛКОВНИЧЕНКО, І. І. МОСКВІНА, 2014