

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202393039 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2024.07.16

(51) Int. Cl. F16K 37/00 (2006.01)  
F16K 31/06 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
2022.06.03

(54) КОНТРОЛЬ ИСПРАВНОСТИ СОЛЕНОИДА

(31) BE2021/5464

(32) 2021.06.14

(33) BE

(86) PCT/EP2022/065243

(87) WO 2022/263211 2022.12.22

(71) Заявитель:

АТЛАС КОПКО ЭЙРПАУЭР,  
НАМЛЮЗЕ ВЕННОТСАП (BE)

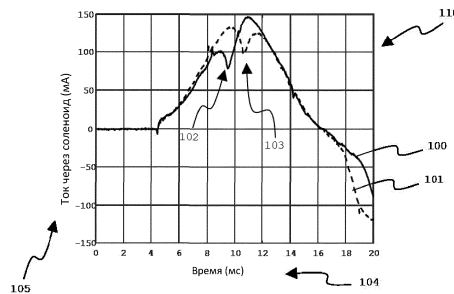
(72) Изобретатель:

Ванде Санде Ханс (BE)

(74) Представитель:

Билык А.В., Поликарпов А.В.,  
Соколова М.В., Путинцев А.И.,  
Черкас Д.А., Игнатъев А.В., Дмитриев  
А.В., Бельтюкова М.В. (RU)

(57) Согласно варианту выполнения настоящего изобретения раскрыт компьютерный способ оценки степени исправности соленоидного клапана, содержащего соленоид для поддержки системы управления процессом. Способ включает следующие шаги: контроль тока (100, 101), текущего через соленоид, определение периода времени между моментом инициирования изменения состояния соленоидного клапана и моментом, когда производная тока по времени имеет разрыв (102, 103), сравнение этого периода времени с эталонным периодом времени, индикативным для степени исправности соленоидного клапана, и, таким образом, определение степени исправности.



A1

202393039

202393039

A1

## КОНТРОЛЬ ИСПРАВНОСТИ СОЛЕНОИДА

Область техники

[01] Настоящее изобретение относится к области соленоидных клапанов, а в частности, к способу контроля их исправности.

Предпосылки создания изобретения

[02] Соленоидный клапан — это электромеханический клапан, один из наиболее часто используемых компонентов в промышленном применении для управления потоком жидкости. Параметры соленоидных клапанов отличаются по параметрам электрического тока, который они используют, силе генерируемого магнитного поля, механизме, который они используют для регулировки потока, и типу и параметрам жидкости, протеканием которой они управляют. Другими словами, имеется множество конструкций клапанов, но все же у них всех имеется один общий компонент, а именно, соленоид.

[03] По существу соленоид представляет собой электромеханический исполнительный механизм. Он содержит статическую часть, катушку, и подвижную часть — плунжер. Граница раздела между обеими частями преимущественно выполнена с использованием механической пружины.

[04] Катушка может быть приведена в действие источником напряжения, таким образом, обеспечивая линейное перемещение плунжера. Длина хода или расстояние между начальным положением плунжера и его конечным положением, обычно мало и составляет порядка 1 мм.

[05] Управление потоками жидкости в промышленном применении означает, что задачи соленоидных клапанов состоят в том, чтобы закрывать, выпускать, дозировать, распределять или смешивать жидкости. Однако важно, чтобы они осуществляли эти задачи безопасным и надежным способом.

[06] Из-за его технической функции неизбежно, что соленоидный клапан со временем будет деградировать. Помимо качества самого соленоидного клапана, на его срок службы влияет множество других переменных, таких как интенсивность использования и/или атмосферные условия в том месте, где он работает. К другим влияющим фактором является засорение из-за частиц в жидкости в процессе управления и рабочие условия, такие как прикладываемое давление.

[07] Поэтому, чтобы избежать любой критической ситуации и обеспечить правильное функционирование промышленной установки, в которой работают

соленоидные клапаны, важно, чтобы нештатно функционирующий соленоидный клапан был заменен как можно скорее. Кроме того, следует избегать ситуации, когда соленоидный клапан функционирует нештатно, другими словами, соленоидный клапан следует заменить до того, как он начнет функционировать нештатно.

[08] Способ, позволяющий избежать любой критической ситуации, определяет интервал обслуживания, когда следует заменять все соленоидные клапаны промышленной установки. Этот интервал определяют, например, на основе общего допустимого количества операций переключения или просто как период времени, выраженный в часах работы самих промышленных установок.

[09] Недостатком при определении интервала обслуживания на основе количества допустимых переключений является то, что он должен быть выбран очень консервативным способом, в особенности, если нужно обеспечить безопасную и надежную работу. Другими словами, нужно избегать ситуации, когда происходит сбой даже одного соленоидного клапана. Это может привести к замене полного набора соленоидных клапанов, которые все еще хорошо функционируют и потенциально могут работать еще очень долго и/или выполнить еще много операций переключения.

[10] Таким образом, имеется потребность в улучшенном способе контроля состояния или степени исправности соленоидного клапана.

#### Сущность изобретения

[11] Настоящее изобретение призвано устранить вышеуказанные и другие недостатки. С этой целью настоящее изобретение, согласно первому своему аспекту, относится к компьютерному способу определения степени исправности соленоидного клапана, содержащего соленоид, при этом соленоидный клапан пригоден для поддержки системы управления процессом, и указанный способ включает следующие шаги:

- контроль тока, текущего через соленоид;
- определение периода времени между моментом инициирования изменения состояния соленоидного клапана и моментом, когда производная тока по времени имеет разрыв;
- сравнение этого периода времени с эталонным периодом времени, индикативным для исправности соленоидного клапана, и, таким образом, определение степени исправности.

[12] Соленоид содержит катушку, плунжер и механическую пружину. Как сказано выше, катушка может быть приведена в действие источником напряжения, вызывающим

линейное перемещение плунжера. Когда на катушку подано напряжение, через нее течет электрический ток, вызывающий перемещение плунжера. Это перемещение вызывает изменение состояния соленоидного клапана с переходом в открытое или закрытое состояние. Последнее зависит от типа соленоидного клапана, а именно, нормально открытого или нормально закрытого соленоидного клапана. Именно таким образом ток вызывает или инициирует изменение состояния, которое контролируют.

[13] Затем, контролируя ток, определяют период времени, индикативный для степени исправности соленоидного клапана. Этот период времени — время между моментом, когда инициируется изменение состояния, и моментом, когда имеет разрыв производная тока по времени.

[14] Кроме того, очевидно, что момент, когда производная тока имеет разрыв, можно определить точно, если ток контролируют как непрерывный во времени сигнал. Это соответствовало бы получению отсчетов с бесконечной частотой дискретизации или с бесконечно малым периодом получения отсчетов. На практике указанный момент будет, таким образом, определен косвенно вследствие используемой на практике частоты дискретизации и соответствующего периода получения отсчетов. Это косвенное определение будет рассмотрено ниже в данном описании.

[15] Когда инициируется изменение состояния, на контакты катушки подается напряжение и в ней начинает течь электрический ток. Величина тока не выйдет мгновенно на конкретный уровень, а будет расти от нуля, потому что катушка — индуктивный компонент. Во время роста величину тока контролируют и вычисляют производную по времени, прямо или косвенно. Поскольку ток растет, т.е. меняется со временем, производная по времени также меняется со временем. Кроме того, магнитное поле, обусловленное током, создает силу, которая перемещает плунжер, пока соленоидный клапан не оказывается открытым или закрытым. Кроме того, механическая пружина также влияет на движение плунжера. Следовательно, ток в катушке изначально обусловлен источником подаваемого напряжения, но затем и рядом других переменных, например, движением плунжера.

[16] Другими словами, магнитное поле, сгенерированное катушкой, которая изначально перемещает плунжер, само зависит от положения и движения плунжера, что описывается уравнениями Максвелла. Это означает, что движение плунжера влияет на ток, текущий через катушку, и наоборот. Отсюда очевидно, что величина тока, а также его производная по времени изменяются со временем.

[17] Таким образом, при таком контроле определяют период времени между моментом, когда инициируется изменение состояния соленоидного клапана, и моментом, когда имеет разрыв производная тока по времени.

[18] Момент, когда инициируется изменение состояния, представляет собой, например, момент, когда подана команда на изменение состояния или момент, когда ток в катушке отличается от нуля. Таким образом, этот момент можно определить как момент, когда величина тока превосходит заранее заданный порог. Кроме того, изменение состояния можно определить, когда выдана соответствующая команда. Кроме того, контроль может инициироваться указанной командой. Кроме того, следует отметить, что, в случае клапанов на переменном токе, указанную величину можно взять по абсолютному значению величины, чтобы получить правильный результат, когда ток начинает протекать в отрицательный полупериод напряжения.

[19] Тем не менее, очевидно, что этот момент должен быть выбран четким и постоянным способом, чтобы набор определенных периодов времени можно было сравнивать друг с другом.

[20] Другой момент, задающий конец определенного периода времени — это когда производная по времени имеет разрыв. Таким образом, это момент, когда на кривой тока имеется перегиб или провал.

[21] При контроле тока с высокой частотой дискретизации указанный излом можно определить точно, то есть более или менее прямым способом. На практике этот излом можно определить косвенно, обработав отсчеты тока. Диапазон отсчетов, в котором эти величины уменьшаются, за которым следует диапазон отсчетов, где эти величины растут, указывает, что между этими диапазонами может присутствовать перегиб.

[22] Поэтому компьютерный способ может включать шаг получения отсчетов тока с получением массива отсчетов тока. Затем на указанном массиве отсчетов тока может быть выполнено определение указанного момента и сравнение его с эталонным периодом времени.

[23] Затем определенный период времени сравнивают с эталонным периодом времени. Альтернативно, массив отсчетов тока коррелируют с эталонным массивом для соленоидного клапана, чтобы определить указанный период времени.

[24] Другой подход к определению периода времени — это последовательное коррелирование подмассива из массива отсчетов тока с эталонным подмассивом, представляющим V-образную или L-образную функцию.

[25] Эталонный период времени индикативен для степени исправности соленоидного клапана. Таким образом, для конкретного типа и модели соленоидного клапана этот период времени может быть определен как эталонный период времени. Эталонный период времени определяют, например, когда соленоидный клапан впервые введен в эксплуатацию. Во время эксплуатации соленоидного клапана этот период времени регулярно или даже постоянно сравнивают с эталонным периодом времени. Когда определенный период времени начинает дрейфовать или увеличиваться со временем, это является индикацией того, что функционирование клапана ухудшается. Другими словами, степень исправности соленоидного клапана понижается.

[26] Эталонный период времени и определенный период времени могут, кроме того, зависеть от параметров, таких как рабочее давление. В зависимости от типа клапана, когда рабочее давление повышается, эталонный период времени может увеличиться, уменьшиться или остаться постоянным. Следовательно, дрейф или увеличение определенного периода времени могут также зависеть от параметров, таких как рабочее давление.

[27] Чтобы учесть зависимость определенного периода времени или степени исправности от рабочего давления, можно разделить рабочий диапазон давлений на ограниченное число классов и сравнивать определенный период времени или степень исправности в рамках измерений только того же класса.

[28] Альтернативно, можно смоделировать соотношение между эталонным периодом времени и операционным давлением полиномиальной кривой или другой кривой подходящего типа, проведенной по экспериментальным точкам, таким образом, генерируя эталонные данные. Во время эксплуатации соленоида эту полиномиальную модель или другую подходящую модель кривой можно обновлять для каждого момента переключения, когда оказывается доступен новый определенный период времени. Различие между обновленной полиномиальной моделью или моделью подгонки кривой и эталонными данными со временем становится больше и больше и обеспечивают меру для деградации соленоидного клапана.

[29] Наконец, можно информировать об определенном периоде времени. Альтернативно и предпочтительно, вместо того, чтобы информировать об указанном периоде времени, можно информировать о степени исправности соленоидного клапана. Кроме того, данные, представляющие указанный момент и/или степень исправности, могут быть переданы в другое устройство для последующей обработки.

[30] Степень исправности может, например, быть величиной от нуля до единицы, при этом нуль соответствует неработающему соленоидному клапану, а единица соответствует новому и исправному соленоидному клапану. Кроме того, о степени исправности можно сообщить как «исправен», «деградировал», или «неисправен».

[31] Можно перечислить различные преимущества. Во-первых, каждый соленоидный клапан можно проверить индивидуально. Кроме того, проверка может быть выполнена структурированным и автоматизированным способом. Во-вторых, определение степени исправности может быть выполнено независимо от среды, в которой работают соленоидные клапаны. Другими словами, эту среду учитывают косвенно, так как более быстрое ухудшение из-за вредной среды будет замечено при простом определении периода времени, как рассмотрено выше.

[32] Согласно второму аспекту настоящего изобретения, раскрыто устройство обработки данных, содержащее процессор, адаптированный для выполнения шагов способа согласно первому аспекту. Процессор может быть микропроцессором или микроконтроллером.

[33] Согласно третьему аспекту настоящего изобретения, предложена компьютерная программа, содержащая инструкции, которые, при выполнении их компьютером, заставляют компьютер выполнять способ по первому аспекту.

[34] Согласно четвертому аспекту, раскрыт носитель информации, содержащий компьютерную программу по третьему аспекту.

[35] Согласно пятому аспекту, раскрыт узел, содержащий процессорное устройство согласно второму аспекту, и интерфейс, сконфигурированный для представления степени исправности.

[36] Согласно шестому аспекту, раскрыт соленоидный клапан, содержащий устройство согласно второму аспекту и/или узел согласно пятому аспекту.

#### Краткое описание чертежей

[37] Ниже изобретение проиллюстрировано со ссылками на сопровождающие чертежи, где:

на фиг.1 показаны зависимости тока от времени для соленоида переменного тока;

на фиг.2 показано изменение тока от времени для соленоида переменного тока;

на фиг.3 показаны шаги, выполняемые согласно варианту выполнения настоящего изобретения;

на фиг.4 показана подходящая компьютерная система для выполнения шагов согласно различным вариантам выполнения настоящего изобретения; и

на фиг.5 показан типичный ток включения для соленоида постоянного тока.

Подробное описание варианта (вариантов) выполнения изобретения

[38] На фиг.1 показана зависимость токов от времени для соленоида переменного тока. На графике 110 время отложено по абсциссе 104, а ток по ординате 105. Сплошная линия 100 относится к хорошо функционирующему соленоиду, то есть в исправном состоянии, в то время как пунктирная линия 101 представляет ток того же соленоида, который после многократного переключения функционирует неправильно и должен быть заменен.

[39] Как уже обсуждалось во введении, плунжер влияет на ток, протекающий через катушку, как показано на графиках 110. Оба тока, как представлено позициями 100 и 101, показывают типичный ток через катушку по ординате 105 как функцию времени, отложенного по абсциссе 104, после подключения к источнику переменного напряжения. Провал 102 на графике тока 100 в этом примере происходит через 9,5 мс или 5,2 мс после начала переключения, которое происходит при 4,3 мс, и сопровождается резким изменением производной тока по времени. Этот провал 102 происходит в тот момент, когда плунжер достигает конечного механического положения. При анализе того, что происходит затем, соленоид можно рассматривать как компонент без подвижной части, в результате чего изменение тока 100 описывается периодической кривой. Соленоидные клапаны, питаемые постоянным источником напряжения, демонстрируют аналогичный провал 102 тока, но ток в конечном счете стремится к постоянному значению. Это иллюстрируется фиг.5, где показан типичный переключатель тока на базе соленоида постоянного тока. Здесь провал происходит приблизительно при 32 мс и ток стремится к постоянному значению приблизительно 500 мА.

[40] Очевидно, что настоящее изобретение не зависит от типа соленоида, т.е. это может быть соленоид переменного тока или соленоид постоянного тока. Для обоих типов тот же способ с необходимыми изменениями, используется для определения степени исправности соленоида.

[41] Ток можно измерять с использованием датчика Холла и/или шунта. Затем измеренное напряжение, которое пропорционально току, может быть преобразовано аналогово-цифровым преобразователем для последующей обработки.



[42] Раскрытый способ контролирует этот провал 102, то есть определяет момент, когда этот провал 102 имеет место относительно момента инициирования изменения состояния, равного 4,3 мс. В этом примере это интервал, равный 5,2 мс, между моментом инициирования изменения состояния соленоидного клапана и моментом, когда производная тока по времени имеет разрыв, то есть, когда происходит провал 102.

[43] Провал в токе сдвигается вправо на графике 110 тем сильнее, чем больше переключений выдержал клапан, как показано пунктирной линией 101 на фиг.1. На фиг.2 развитие сдвига этого провала показано более подробно. На этих графиках 200 вновь время отложено по абсциссе 211, а величина тока — по ординате 210, а ось z представляет количество 212 переключений.

[44] На фиг.2 видно, что места провалов 102–103 сдвигаются, как показано пунктирной линией 203. Это изменение соответствует увеличению временного периода между моментом инициирования изменения состояния соленоидного клапана и моментом, когда производная тока по времени имеет разрыв. На последних графиках 201 и 202 провалы вообще исчезают, а это означает, что указанный временной период становится бесконечным или неопределяемым. Это соответствует неисправному соленоиду.

[45] Имеется несколько явлений, вызывающих это изменение 203. При достижении плунжером конечных положений множество раз износ может привести к тому, что частицы обломков стирают поверхности плунжера, увеличивая механическое трение, с одной стороны, и уменьшая длину плунжера, с другой стороны. Кроме того, частицы, присутствующие в жидкости, которой управляет соленоидный клапан, могут препятствовать функционированию соленоидного клапана и, в конечном счете, могут заблокировать его.

[46] В частности, для клапанов переменного тока сдвиг 203 усиливается, когда тень катушка, ответственная за удерживание плунжера в его конечном положении, в то время как ток через катушку проходит через ноль, деградирует и/или ломается, а это приводит к огромному количеству повторений с удвоенной частотой сети.

[47] Если рассматривать только временной интервал между моментом включения и моментом провала в токе, называемый далее временем срабатывания, то еще более подробный график показан на фиг.3. Количество переключений отложено по абсциссе 301, а время срабатывания — по ординате 302.

[48] На фиг.3 можно выделить три фазы.

[49] В начальной фазе провал остается приблизительно на том же месте, и соленоид функционирует, как определено поставщиком. Время срабатывания демонстрирует статистическое распределение с типичной средней величиной и очень малым отклонением.

[50] В фазе деградации провал начинает сдвигаться вправо по мере увеличения количества переключений. Поскольку в конечном счете плунжер доходит до конечного положения, он определенно не заблокирован, и клапан мог бы все еще функционировать правильно и применяться по назначению. Однако следует знать о других потенциально вредных эффектах второго порядка. Например, если теньевая катушка переменного тока ломается, что очень часто совпадает с началом фазы деградации, плунжер может вскоре уходить и возвращаться в конечные положения дважды за цикл напряжения в сети, вызывая повторяющиеся удары, ускоренный износ, небольшие утечки и/или раздражающий шум.

[51] В фазе исчерпания ресурса провалы уже не различимы, что указывает на блокировку плунжера. Поскольку блокировка может произойти в исходном положении, конечном положении или где-нибудь в промежуточном положении, нет абсолютно никакой гарантии, что клапан выполняет требуемые функции.

[52] Следовательно, согласно раскрытому способу, время срабатывания используется в качестве индикатора исправности соленоида.

[53] До тех пор, пока девиации времени срабатывания статистически не отклоняются с некоей вероятностью от исходного распределения, соленоид считают исправным. В момент, когда это условие больше не выполняется, начинается фаза деградации. В некоторых приложениях это может быть правильным моментом для замены соленоида.

[54] Если приложение допускает эксплуатацию соленоида в фазе деградации, можно использовать величину времени срабатывания для оценки оставшегося срока полезной работы с некоторым статистическим уровнем вероятности. Для этого требуются кривые изменения времени срабатывания для множества одинаковых клапанов, предпочтительно в различных приложениях, и создание статистической модели этого изменения. Есть различные способы статистического приближения к ней.

[55] Доступность времени срабатывания позволяет перейти от превентивного обслуживания, т.е. слепой замены соленоидов через фиксированные временные интервалы или после фиксированного числа переключений, путем обслуживания на основе их состояния, т.е. расчета момента начала фазы деградации, к прогнозирующему обслуживанию, т.е. вычислению оставшегося срока полезного использования. Это дает несколько преимуществ, поскольку соленоиды приходится заменять только тогда, когда это требуется. Со временем это уменьшит стоимость соленоидов, стоимость обслуживаемых

машин, в которых должны быть заменены эти соленоиды, а также расходы, связанные с простым системы, в которой заменяются соленоиды. Кроме того, в случае прогнозирующего обслуживания, замену соленоидов можно даже осуществлять по расписанию, чтобы минимизировать ее влияние на производительность.

[56] Движение соленоидного плунжера, как правило, завершается в интервале 10 мс, если речь идет о клапанах переменного тока. Что касается клапанов постоянного тока, этот временной интервал может составлять приблизительно 30 мс в исправном состоянии и доходить до 50 мс в состоянии деградации. Чтобы достичь достаточной точности для вычисления времени срабатывания, например, 0,1 мс, рекомендуется минимальная частота дискретизации 10 кГц. Получение отсчетов с частотой 4 кГц также возможно, когда приемлемо временное разрешение 0,25 мс. Следует отметить, что здесь имеет место компромисс между точностью и стоимостью получения отсчетов.

[57] Получение отсчетов тока необходимо производить постоянно. В выключенном состоянии ток теоретически равен нулю, но его цифровое представление, как правило, варьируется близко к самым младшим битам. Поэтому нужно определить пороговое значение, которое никогда не превышает, когда соленоид не приводится в действие, но все-таки мало насколько возможно, например, 5 мА. Следовательно, при превышении выбранного порога тока соленоид гарантированно работает, при этом плунжер перемещается на ранней фазе перемещения. Это вызывает сохранение в буфер всех последующих отсчетов тока, что охватывает временной отрезок по меньшей мере 10 мс, например, 100 отсчетов при частоте дискретизации 10 кГц, но предпочтительно 100 мс, чтобы можно было проверить также клапаны постоянного тока. Когда буфер заполнен, числовой алгоритм начинает вычислять ряд коэффициентов корреляции с намного более коротким эталонным вектором, в котором, как правило, хранится V-образный профиль или L-образный профиль. Цель состоит в том, чтобы определить в буфере позицию, для которой этот коэффициент корреляции самый большой, поскольку это является критерием времени срабатывания. Смещение равно времени между включением и превышением порогового значения и может быть добавлено для восстановления точной величины времени срабатывания.

[58] На фиг.4 показана подходящая компьютерная система 400 для выполнения шагов согласно раскрытым выше вариантам выполнения настоящего изобретения. Компьютерная система 400 может использоваться в качестве приложения, содержащего устройство обработки данных, которое содержит процессор, адаптированный для выполнения шагов способа оценки исправности соленоидного клапана. Компьютерная

система 400 может быть сформирована в целом как подходящий компьютер общего назначения и содержать шину 410, процессор 402, локальную память 404, один или несколько дополнительных интерфейсов 414 ввода, один или несколько дополнительных интерфейсов 416 вывода, интерфейс 412 связи, интерфейс 406 элемента памяти и один или несколько элементов 408 памяти. Шина 410 может содержать один или несколько проводников, которые обеспечивают связь между компонентами компьютерной системы 400. Процессор 402 может содержать обычный процессор или микропроцессор любого типа, способный интерпретировать и выполнять программные инструкции. Локальная память 404 может содержать память с произвольным доступом (RAM) или другой тип динамического устройства хранения данных, которое хранит информацию и инструкции для выполнения их процессором 402, и/или постоянную память (ROM), или другой тип статического запоминающего устройства, которое хранит статическую информацию и инструкции для использования процессором 402. Интерфейс 414 ввода может содержать один или несколько обычных механизмов, которые позволяют оператору вводить информацию в компьютерное устройство 400, например клавиатуру 420, мышь 430, «перо», механизмы голосовой и/или биометрической идентификации и т.д. Интерфейс 416 вывода может содержать один или несколько обычных механизмов, которые выводят информацию оператору, например, дисплей 440 и т.д. Интерфейс 412 связи может содержать любой передаточный механизм, например, один или несколько интерфейсов Ethernet, которые позволяют компьютерной системе 400 осуществлять связь с другими устройствами и/или системами, чтобы получать параметры через равные интервалы. Интерфейс 412 связи компьютерной системы 400 может быть связан с другой компьютерной системой посредством локальной сети (LAN) или глобальной сети (WAN), например Интернет. Интерфейс 406 элемента памяти может содержать такой интерфейс памяти, как, например, интерфейс SATA или интерфейс SCSI для соединения шины 410 к одним или несколькими элементами 408 памяти, такими как один или несколько локальных дисков, например, дисковод SATA, и управляют чтением данных из этих элементов 408 памяти или записью данных в них. Несмотря на то, что выше элементы 408 памяти описаны на примере локального диска, в целом могут использоваться любые другие подходящие считываемые компьютером носители, такие как съемный магнитный диск, оптические носители данных, такие как CD или DVD, диск ROM, твердотельные накопители, карты флэш-памяти. Система 400, описанная выше, может также работать как виртуальная машина на физических аппаратных средствах.

[59] Несмотря на то, что настоящее изобретение описано на примере конкретных вариантов его выполнения, специалистам в данной области техники будет очевидно, что изобретение не ограничено деталями показанных иллюстративных вариантов его выполнения и что оно может быть реализовано с различными изменениями и модификациями без отхода от объема изобретения. Поэтому показанные варианты выполнения настоящего изобретения нужно рассматривать как иллюстративные и не строгие, а объем изобретения определяется пунктами формулы изобретения, а не предшествующим описанием и всеми его модификациями, которые находятся в рамках формулы изобретения и поэтому охватываются ими.

[60] Кроме того, читателю должно быть очевидно, что слова, «содержащий» или «содержит» не исключают других элементов или шагов, единственное число не исключает множества элементов, и что единственный элемент, такой как компьютерная система, процессор или другой интегрированный блок может выполнять функции нескольких средств, указанных в формуле изобретения. Любые ссылочные знаки в формуле изобретения не следует истолковывать как ограничение соответствующих пунктов формулы изобретения. Термины «первый», «второй», «третий», «а», «b», «с» и т.п. при использовании их в описании или в формуле изобретения предназначены для различения сходных элементов или шагов и не обязательно описывают последовательный или хронологический порядок. Аналогично, термины «верхний», «нижний», «выше», «ниже» и т.п. даны в описательных целях и не обязательно обозначают относительное положение. Следует понимать, что термины, использованные таким образом, являются взаимозаменяемыми при соответствующих обстоятельствах, и варианты выполнения настоящего изобретения способны работать согласно данному изобретению при других последовательностях или в ориентациях, отличающихся от тех, которые описаны или проиллюстрированы выше.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Компьютерный способ определения степени исправности соленоидного клапана, содержащего соленоид для поддержки системы управления процессом, при этом указанный способ включает следующие шаги:

- контроль тока (100, 101), текущего через соленоид;
- определение периода времени между моментом инициирования изменения состояния соленоидного клапана и моментом, когда производная тока по времени имеет разрыв (102, 103);
- сравнение этого периода времени с эталонным периодом времени, индикативным для степени исправности соленоидного клапана, и, таким образом, определение степени исправности.

2. Компьютерный способ по п.1, в котором указанное изменение состояния определяют как момент, когда величина тока превосходит заранее заданный порог.

3. Компьютерный способ по п.1, в котором указанное изменение состояния определяют, когда дают команду для этого.

4. Компьютерный способ по п.3, в котором указанный контроль иницируют указанной командой.

5. Компьютерный способ по одному из предыдущих пунктов, дополнительно включающий шаг получения отсчетов контролируемого тока с получением, таким образом, массива отсчетов тока, при этом указанное определение и сравнение выполняют на массиве отсчетов тока.

6. Компьютерный способ по п.5, в котором указанное определение выполняют путем коррелирования массива отсчетов тока с эталонным массивом для указанного соленоидного клапана.

7. Компьютерный способ по п.5, в котором указанное определение выполняют путем последовательного коррелирования подмассива массива отсчетов тока с эталонным подмассивом, представляющим V-образную или L-образную функцию.

8. Компьютерный способ по одному из предыдущих пунктов, дополнительно включающий шаг:

сообщения данных, представляющих указанный момент и/или степень исправности.

9. Компьютерный способ по одному из предыдущих пунктов, дополнительно включающий шаг:

посылки данных, представляющих указанный момент и/или степень исправности.

10. Устройство обработки данных, включающее процессор, выполненный с возможностью выполнения шагов способа по одному из предыдущих пунктов.

11. Устройство по п.10, в котором процессор представляет собой микропроцессор или микроконтроллер.

12. Компьютерная программа, содержащая инструкции, которые, при выполнении их компьютером, заставляют компьютер выполнять способ по одному из п.п.1–9.

13. Носитель информации, содержащий компьютерную программу по п.12.

14. Узел, содержащий устройство обработки данных по п.10 или 11 и интерфейс, сконфигурированный для представления степени исправности.

15. Соленоидный клапан, содержащий устройство по п.10 или 11 и/или узел по п.14.

16. Компрессор, содержащий устройство обработки данных по п.10 или 11.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Компьютерный способ определения степени исправности соленоидного клапана, содержащего соленоид для поддержки системы управления процессом, при этом указанный способ включает следующие шаги:

- контроль тока (100, 101), текущего через соленоид;
- определение периода времени между моментом инициирования изменения состояния соленоидного клапана и моментом, когда производная тока по времени имеет разрыв (102, 103);
- сравнение этого периода времени с эталонным периодом времени, индикативным для степени исправности соленоидного клапана, и, таким образом, определение степени исправности,

при этом способ также включает шаг получения отсчетов контролируемого тока с получением, таким образом, массива отсчетов тока, при этом указанное определение и сравнение выполняют на массиве отсчетов тока, и указанное определение выполняют путем последовательного коррелирования подмассива массива отсчетов тока с эталонным подмассивом, представляющим V-образную или L-образную функцию.

2. Компьютерный способ по п.1, в котором указанное изменение состояния определяют как момент, когда величина тока превосходит заранее заданный порог.

3. Компьютерный способ по п.1, в котором указанное изменение состояния определяют, когда дают команду для этого.

4. Компьютерный способ по п.3, в котором указанный контроль инициируют указанной командой.

5. Компьютерный способ по п.1, в котором указанное определение выполняют путем коррелирования массива отсчетов тока с эталонным массивом для указанного соленоидного клапана.

6. Компьютерный способ по одному из предыдущих пунктов, дополнительно включающий шаг:



сообщения данных, представляющих указанный момент и/или степень исправности.

7. Компьютерный способ по одному из предыдущих пунктов, дополнительно включающий шаг:

посылки данных, представляющих указанный момент и/или степень исправности.

8. Устройство обработки данных, включающее процессор, выполненный с возможностью выполнения шагов способа по одному из предыдущих пунктов.

9. Устройство по п.8, в котором процессор представляет собой микропроцессор или микроконтроллер.

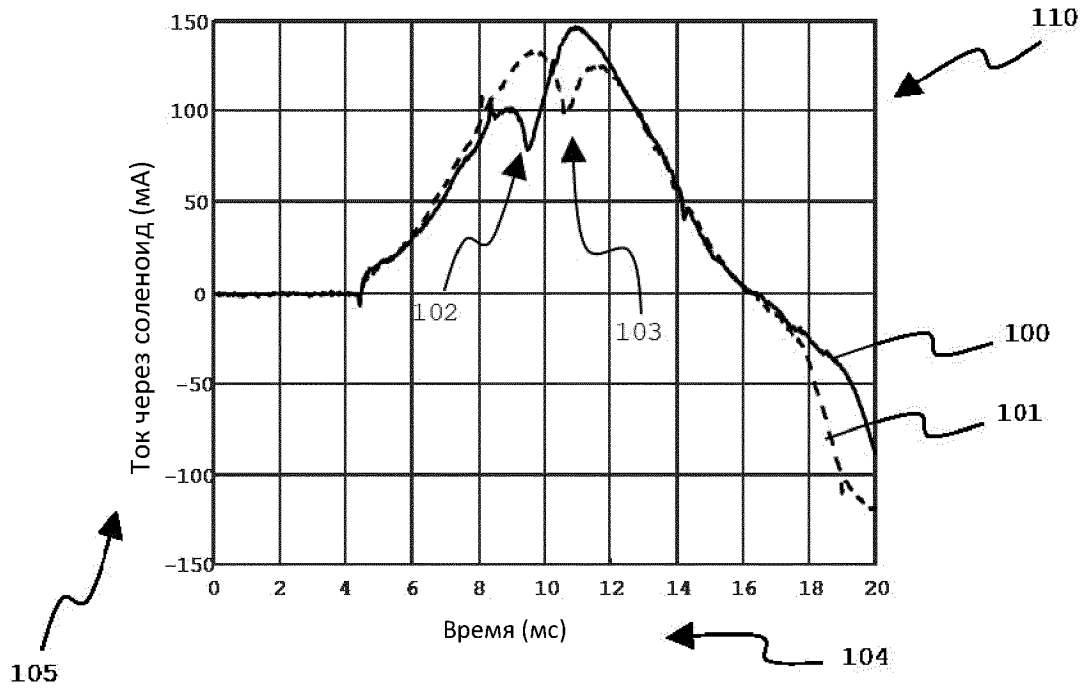
10. Компьютерная программа, содержащая инструкции, которые, при выполнении их компьютером, заставляют компьютер выполнять способ по одному из п.п.1–7.

11. Носитель информации, содержащий компьютерную программу по п.10.

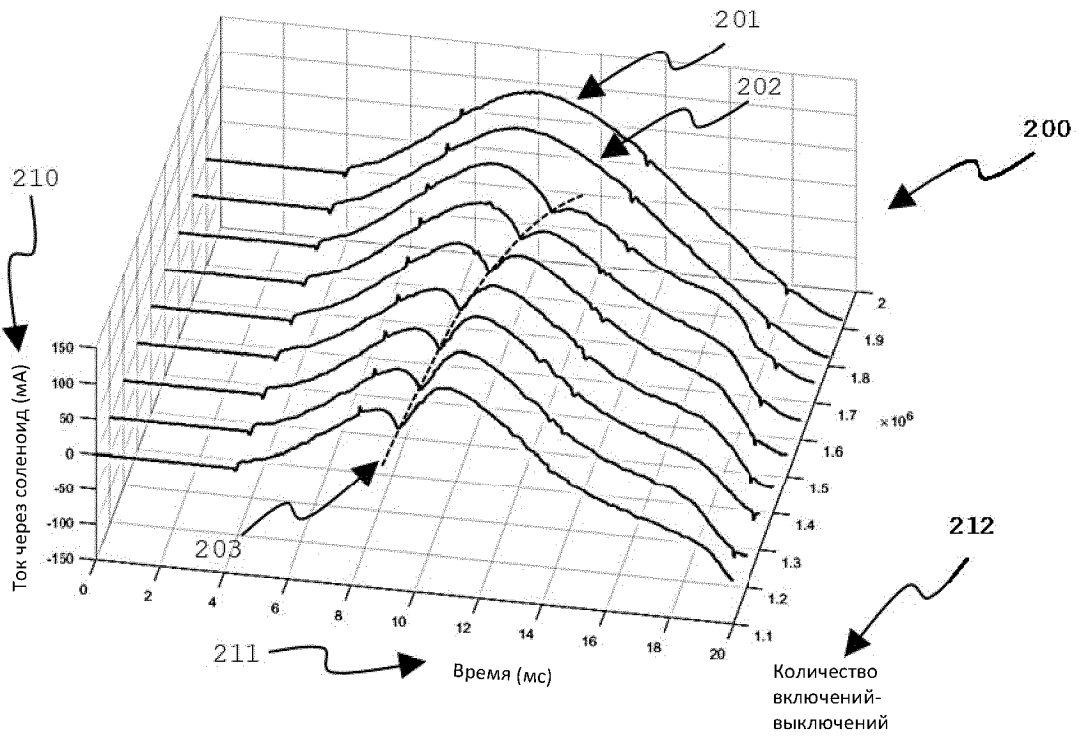
12. Узел, содержащий устройство обработки данных по п.8 или 9 и интерфейс, сконфигурированный для представления степени исправности.

13. Соленоидный клапан, содержащий устройство по п.8 или 9 и/или узел по п.14.

14. Компрессор, содержащий устройство обработки данных по п.8 или 9.

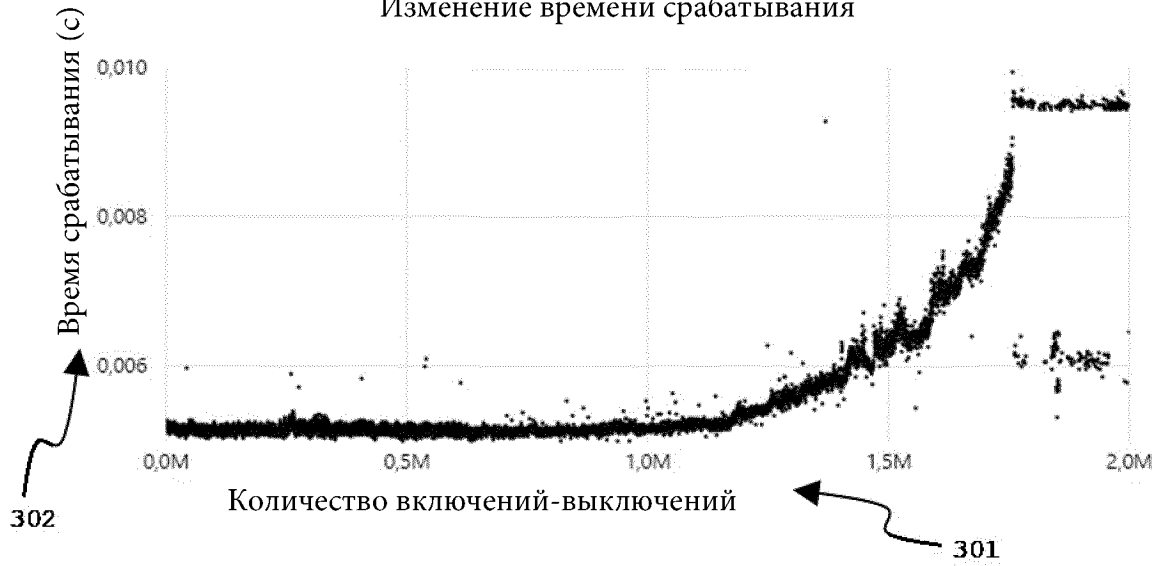


Фиг. 1

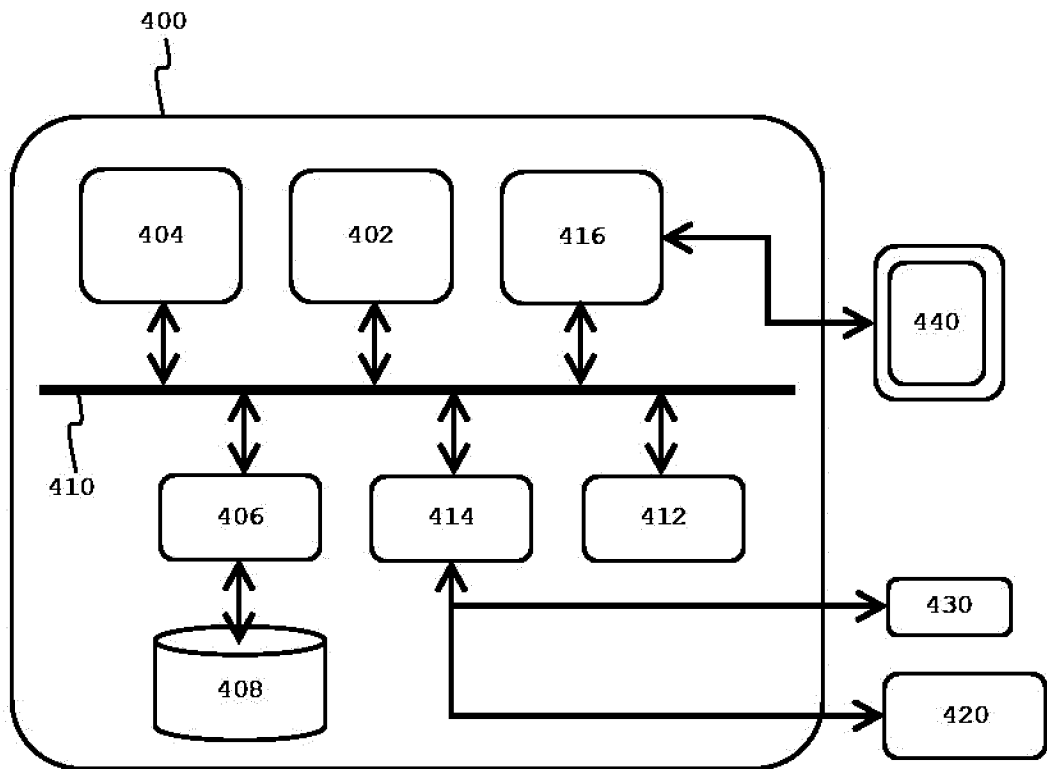


Фиг. 2

Изменение времени срабатывания

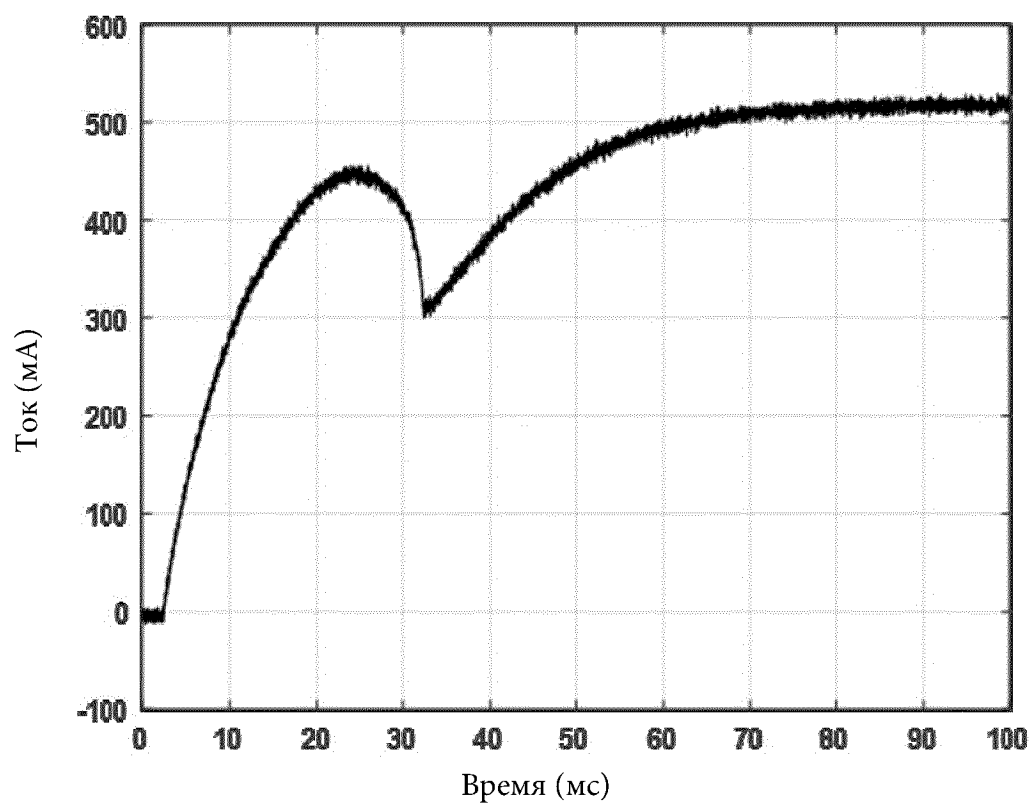


Фиг. 3



Фиг. 4

Типичный ток включения в соленоиде постоянного тока



Фиг. 5