



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
F04D 15/0088 (2018.01)

(21)(22) Заявка: 2016151717, 28.12.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.12.2016

Дата регистрации:
25.07.2018

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
29.12.2015 EP 15202953.4

(43) Дата публикации заявки: 02.07.2018 Бюл. № 19

(45) Опубликовано: 25.07.2018 Бюл. № 21

Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр. 3, ООО
"Юридическая фирма Городиский и Партнеры"

(72) Автор(ы):

КАЛЛЕСЕЕ Карстен Сковмосе (DK)

(73) Патентообладатель(и):

ГРУНДФОС ХОЛДИНГ А/С (DK)

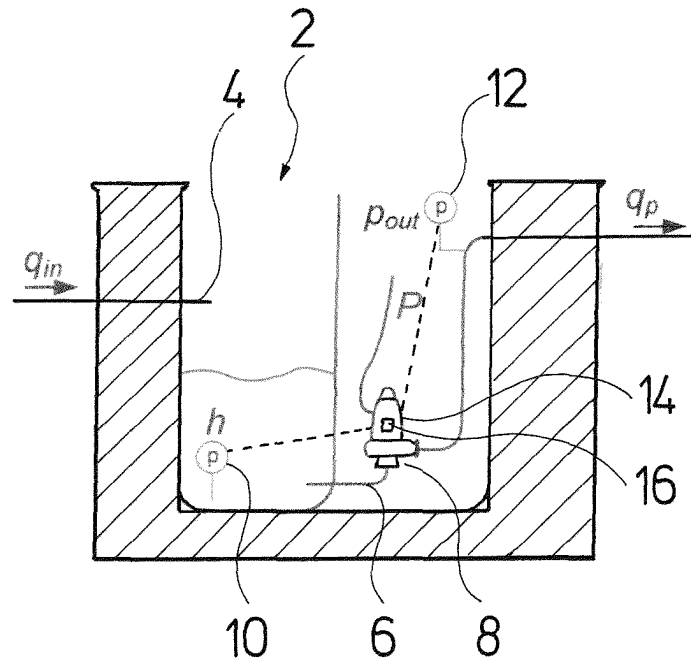
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 5831174 A, 03.11.1998. US 2012/
136590 A1, 31.05.2012. SU 1366703 A1,
15.01.1988. US 2014/0255216 A1, 11.09.2014.

(54) НАСОСНАЯ СИСТЕМА, А ТАКЖЕ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА В НАСОСНОЙ СИСТЕМЕ

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к насосной системе и способу определения расхода в ней. Система содержит по меньшей мере одну емкость (2) для жидкости, которая содержит впуск (4) и выпуск (6), с по меньшей мере одним насосом (8), который расположен на впуске (4) или выпуске (6), и управляющее устройство (16), которое содержит устройство оценивания расхода для определения расхода через емкость (2). Устройство оценивания расхода выполнено с возможностью использования в нем модели системы для определения расхода. Модель состоит из по меньшей мере двух различных подмоделей: подмодели, описывающей режим

притока в емкость (2), и подмодели, описывающей режим истечения из емкости (2). Управляющее устройство (16) содержит запоминающее устройство, которое выполнено с возможностью сохранения данных, регистрируемых в насосной системе, и устройство оценивания параметров, которое выполнено с возможностью определения параметров по меньшей мере двух подмоделей на основании сохраняемых данных таким образом, что параметры первой подмодели одновременно определяются. Изобретения направлены на точное определение расхода через емкость. 2 н. и 12 з. п. ф-лы, 7 ил.



ФИГ. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
F04D 15/0088 (2018.01)

(21)(22) Application: **2016151717, 28.12.2016**

(24) Effective date for property rights:
28.12.2016

Registration date:
25.07.2018

Priority:

(30) Convention priority:
29.12.2015 EP 15202953.4

(43) Application published: **02.07.2018** Bull. № 19

(45) Date of publication: **25.07.2018** Bull. № 21

Mail address:
**129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, str. 3, OOO
"Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):
KALLESOE, Carsten Skovmose (DK)

(73) Proprietor(s):
GRUNDFOS HOLDING A/S (DK)

(54) **PUMPING SYSTEM, AND ALSO THE FLOW RATE IN THE PUMPING SYSTEM DETERMINING METHOD**

(57) Abstract:

FIELD: motors and pumps.

SUBSTANCE: group of inventions relates to the pumping system and the flow rate therein determining method. System comprises at least one liquid container (2), which comprises inlet (4) and outlet (6), with at least one pump (8), which is located at the inlet (4) or outlet (6), and control device (16), which comprises the flow rate estimation device for the flow rate through the container (2) determining. Flow rate estimation device is configured to use the system model for the flow rate determining therein. Model consists of at least two different sub-models: sub-model describing the

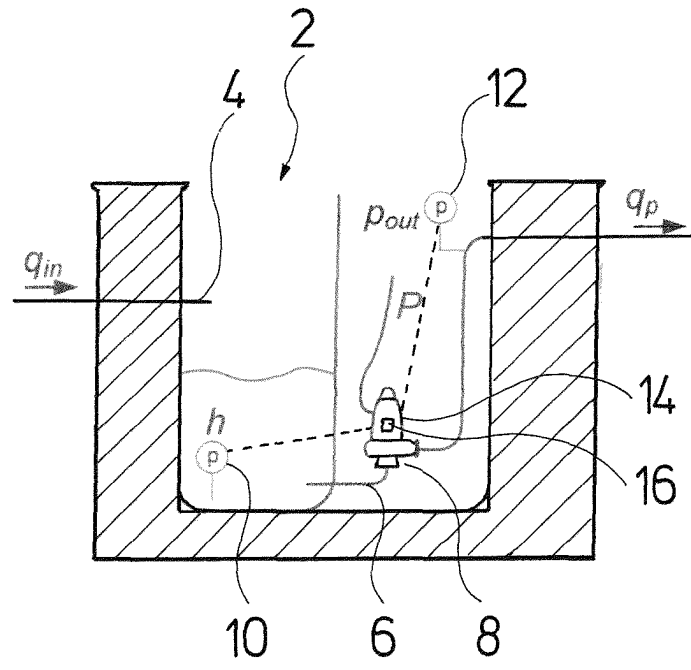
inflow mode into the container (2), and sub-model describing the outflow mode from the container (2). Control device (16) comprises memory device, which is configured to store data recorded in the pumping system and the parameters estimation device, which is configured to determine the at least two sub-models parameters based on the stored data so, that the first sub-model parameters are determined simultaneously.

EFFECT: inventions are aimed at the flow rate through the container accurate determination.

14 cl, 7 dwg

RU 2 662 268 C 2

RU 2 662 268 C 2



ФИГ. 1

[01] Изобретение относится к насосной системе, а также к способу определения расхода в насосной системе.

[02] Известны насосные системы, которые содержат емкость для жидкости, предназначенную для хранения жидкости, подлежащей выкачиванию из нее или закачиваемой в нее. В таких емкостях для жидкости уровень жидкости флуктуирует. По этой причине трудно определять действительный расход протекающей жидкости или расход на выходе, поскольку расход насоса при подаче не всегда соответствует расходу протекающей жидкости.

[03] В патентном документе GB 2 221 073 раскрыт способ, который основан на временных измерениях заполнения и опорожнения бака для жидкости. Этому способу присущ недостаток, заключающийся в том, что он работает только тогда, когда приток в емкость для жидкости является по существу постоянным во время закачивания. Как правило, дело обстоит не так.

[04] В патентном документе EP 2 258 949 раскрыт способ оценивания расхода (расхода протекающей жидкости) в насосной системе с емкостью для жидкости, при этом в способе применяется рутинная операция калибровки, которая основана на предположении, что приток в емкость является по существу постоянным в течение закачивания. Тем самым среднее значение до включения насоса образует основу для притока. Однако этот способ также не является надежным, в частности, в случае, если несколько насосов с несколькими емкостями для жидкости соединены последовательно.

[05] В патентном документе US 5,831,174 раскрыт измеритель расхода насосной станции, использующий два датчика уровня в колодце, один из которых определяет уровень при запуске, а другой определяет уровень при остановке насоса. Посредством использования этих датчиков в состоянии покоя насоса высчитывается средний расход на впуске. Для создания зависимой от времени модели притока рассматриваются последние четыре предшествующих цикла притока. Для выпуска предполагается постоянный расход насоса, когда насос включен. Поскольку данному методу для оценки расхода на впуске требуется четыре предшествующих цикла, данный метод является медленным относительно возможности реагирования на изменения расхода на впуске.

[06] Задача изобретения заключается в усовершенствовании насосной системы с по меньшей мере одной емкостью для жидкости до такой степени, чтобы можно было точно определять расход через емкость для жидкости, то есть расход на впуске и расход на выходе.

[07] Эта задача решается насосной системой с признаками, описанными в пункте 1 формулы изобретения, а также способом оценивания расхода насоса с признаками, описанными в пункте 13 формулы изобретения. Предпочтительные варианты осуществления вытекают из соответствующих зависимых пунктов формулы изобретения, последующего описания, а также сопровождающих чертежей.

[08] Насосная система согласно изобретению содержит по меньшей мере одну емкость для жидкости с впуском и с выпуском. Подаваемая жидкость протекает через впуск в емкость для жидкости и далее вытекает из него через выпуск. Кроме того, насосная система содержит по меньшей мере один насос, который может быть расположен на впуске или выпуске. Это означает, что емкость для жидкости может быть расположена перед или после насоса в направлении потока. Например, для систем сточной воды известно, что сточная вода должна подаваться так, чтобы она сначала втекала в приемник насоса, представляющий собой емкость для жидкости, и выводилась из него посредством насоса через выпуск. В противоположность этому, для систем подачи воды известно, например, что насос подает воду в емкость для жидкости, которая расположена на

более высоком уровне. Это означает, что насос подает жидкость в емкость для жидкости через впуск. Далее жидкость может вытекать из емкости для жидкости, например, под действием силы тяжести. В обоих вариантах осуществления альтернативно или дополнительно несколько емкостей для жидкости с соответствующими насосами можно располагать последовательно так, чтобы жидкость всегда выводилась из первой ёмкости для жидкости в следующую, вторую емкость для жидкости. Это можно применять, чтобы иметь возможность соединять большее количество высот подачи насоса.

[09] Кроме того, насосная система согласно изобретению содержит управляющее устройство, имеющее устройство оценивания расхода, выполненное с возможностью определения или идентификации параметров модели расходов, описывающей расход через емкость насосной системы, то есть расход на впуске и выходе, и непрерывного оценивания расхода на основании идентифицированных параметров модели расходов.

[10] Согласно изобретению предусмотрено определение или оценивание расхода посредством устройства оценивания расхода. Для этого устройство оценивания расхода согласно изобретению выполнено с возможностью использования модели системы для определения параметров модели расходов. Таким образом, существенным в изобретении является то, что модель системы, которая имитирует полную насосную систему с емкостью для жидкости, состоит из по меньшей мере двух подмоделей. Первая из подмоделей описывает режим притока в емкость и вторая подмодель описывает режим истечения из емкости, то есть потока, вытекающего через выпуск. Расход на выходной стороне или расход на выходе может определяться или оцениваться при использовании второй подмодели. Подмодели построены с возможностью непрерывного определения или вывода заданных значений расходов на основании ранее определенных параметров модели и входных переменных, измеряемых в системе.

[11] Применение двух таких подмоделей обеспечивает преимущество, заключающееся в том, что оценивание расхода, которое представляет собой, например, идентификацию модели потоков, также возможно для расхода на выходе даже в случае, если расход на впуске не является постоянным, поскольку режим притока также имитируется в подмодели. Кроме того, в обратном случае, когда насос подает жидкость в емкость для жидкости, истечение из емкости для жидкости, которое не является постоянным в этом случае, также может быть имитировано соответствующей подмоделью из двух подмоделей. Это означает, что режим притока и также режим истечения всегда учитываются в модели системы, применяемой согласно изобретению, так что флуктуации притока и истечения не оказывают влияния или оказывают только небольшое влияние на определение параметров модели расходов.

[12] Предпочтительно, что две различные подмодели имеют разную или изменяющуюся природу. Это означает, что предпочтительно, что они не зависят друг от друга и имеют различное поведение в качестве реакции на входные параметры. Таким образом, например, для одной подмодели нельзя предполагать поведение другой подмодели или зависимость от поведения второй подмодели. Таким путем можно получать независимое описание режима притока и режима истечения из емкости.

[13] Управляющее устройство содержит запоминающее устройство, которое выполнено с возможностью сохранения значений (отсчетов) измерений или данных, которые обнаруживаются в насосной системе. Кроме того, предпочтительно, что управляющее устройство содержит устройство оценивания параметров, которое выполнено с возможностью определения параметров модели или параметров по меньшей мере двух подмоделей на основании сохраняемых данных. Это означает, что модели адаптируются на основании измеряемых и сохраняемых данных через

определение их параметров, так что они описывают систему или подсистему с возможной точностью.

[14] Устройство оценивания параметров выполнено с возможностью одновременного определения параметров первой подмодели и параметров второй подмодели. Также предпочтительно, что оценивание параметров устройством оценивания параметров может быть выполнено одновременно с оцениванием расхода устройством оценивания расхода. Это означает, что управляющее устройство обеспечивает непрерывное оценивание расхода с одновременной непрерывной адаптацией или оптимизацией подмоделей, на основании чего осуществляется оценивание (идентификация) параметров модели расходов. Устройство оценивания параметров определяет параметры модели на циклической основе, например, набор данных собирается и используется для определения нового набора параметров модели. В устройстве для оценивания расхода формирователь набора параметров модели используется для непрерывного оценивания расхода, и когда собирается новый набор данных, устройство оценивания параметров определяет новый набор параметров модели. Устройство оценивания параметров выполнено с возможностью непрерывного оценивания параметров обеих подмоделей, если даже позднее только одна подмодель используется для определения расхода. При этом для определения расхода предпочтительно использовать подмодель, описывающую режим истечения. В таком случае другая подмодель служит в качестве вспомогательной модели, которая используется только для оценивания параметров обеих подмоделей.

[15] Кроме того, устройство оценивания параметров предпочтительно выполнять так, что параметры по меньшей мере двух подмоделей определялись при минимизации расхождения между оцениваемой выходной переменной, которая определяется посредством подмоделей, и соответствующей выходной переменной, которая измеряется или вычисляется на основании измерений, выполняемых в системе. В частности, это может быть осуществлено применением метода наименьших средних квадратов. Это означает, что оцениваемая выходная переменная, которая определяется посредством моделей, сравнивается с фактической выходной переменной, а параметры подмоделей адаптируются так, что оцениваемая переменная отличается по возможности незначительно от фактической выходной переменной. Поэтому подмодели адаптируются так, что они описывают систему по возможности оптимально.

[16] Описанная минимизация расхождения может осуществляться одновременно для обеих подмоделей, например, посредством суммы или разности обеих подмоделей, образуемой и сравниваемой с фактической выходной переменной. Таким образом, фактическая выходная переменная может соответствовать уровню жидкости или высоте жидкости в емкости для жидкости или его изменению в зависимости от времени. Поэтому изменение должно соответствовать разности между притоком в емкость для жидкости и истечением из него и может быть определено по двум подмоделям.

[17] Согласно предпочтительному варианту осуществления изобретения емкость с жидкостью снабжена датчиком уровня, который обнаруживает уровень жидкости внутри емкости, при этом обнаруживаемый уровень жидкости сохраняется как часть регистрируемых данных, то есть сохраняется в описанном ранее запоминающем устройстве. В таком случае сохраняемый уровень жидкости, то есть, в частности, временной ход уровня жидкости, может служить в качестве основы для определения параметров подмоделей в устройстве оценивания параметров. Поэтому высота или уровень жидкости может определяться непосредственно или косвенно, например, посредством датчика давления, который определяет гидростатическое давление.

[18] Согласно дальнейшему предпочтительному варианту осуществления по меньшей

один насос содержит приводной электродвигатель и устройство обнаружения мощности, которое обнаруживает текущую (превалирующую) электрическую мощность приводного электродвигателя, при этом электрическая мощность сохраняется как часть обнаруживаемых данных, то есть сохраняется в ранее описанном запоминающем устройстве. Это обеспечивает устройству оценивания параметров возможность оценивания сохраняемых значений мощности для определения параметров подмоделей. При этом предпочтительно сохранять в запоминающем устройстве обнаруживаемую электрическую мощность в зависимости от времени, поскольку мощность предпочтительно обнаруживать непрерывно.

[19] Также предпочтительно, что датчик давления расположен на выпускной стороне насоса и обнаруживает давление на выпуске насоса, и при этом давление на выпуске сохраняется как часть регистрируемых данных, то есть сохраняется в ранее описанном запоминающем устройстве. Поэтому устройство оценивания параметров может обращаться к сохраняемым значениям давления для определения параметров подмоделей. Предпочтительно, что датчик давления обнаруживает давление непрерывно, а временной ход давления на выпуске сохраняется в запоминающем устройстве.

[20] В соответствии с дальнейшим предпочтительным вариантом осуществления управляющее устройство выполнено с возможностью обнаружения количества действующих насосов в насосной системе и/или скорости вращения по меньшей мере одного насоса, при этом предпочтительно сохранение количества действующих насосов и/или скорости вращения в качестве части регистрируемых, например, обнаруживаемых, данных, то есть сохранение в ранее описанном запоминающем устройстве или описанной памяти. Поэтому устройство оценивания параметров может обращаться к количеству действующих насосов или скорости вращения для определения параметров подмоделей. Кроме того, в данном случае временной ход количества действующих насосов и/или скорости вращения предпочтительно сохраняется в запоминающем устройстве или памяти.

[21] Согласно предпочтительному варианту осуществления изобретения первая подмодель является функцией времени и по меньшей мере одного параметра модели. Параметр модели определяется описанным способом посредством устройства оценивания параметров.

[22] Предпочтительно, чтобы вторая подмодель была функцией данных, которые обнаруживаются в системе, например, функцией сохраняемых данных и по меньшей мере одного определенного параметра модели. Таким образом, это является случаем параметров модели, определяемых описанным ранее устройством оценивания параметров, которые предпочтительно непрерывно адаптировать. Что касается данных, то их можно отнести к случаю, например, выходной переменной, соответствующей ранее описанным уровню жидкости, электрической мощности приводного электродвигателя, давлению на выходе насоса, количеству действующих насосов в насосной системе и/или скорости вращения одного или нескольких насосов. Если первая подмодель является функцией времени, а вторая подмодель является функцией измеряемых данных, то, как описывалось выше в качестве предпочтительного построения, выходные данные, оцениваемые посредством этих двух подмоделей, являются различными по свойствам.

[23] Предпочтительно выполнять управляющее устройство так, чтобы можно было применять вторую подмодель для определения расхода насоса или расхода через емкость для жидкости. Предпочтительно, чтобы вторая подмодель, описанная выше,

была подмоделью, описывающей режим истечения из емкости. В частности, это является случаем, когда насос расположен на выпуске емкости для жидкости. В этом случае предпочтительно, что первая подмодель описывает режим притока в емкость для жидкости. Если в противоположность этому насос расположен на впуске или входе 5 емкости для жидкости, то вторая подмодель описывает расход насоса или представляет режим притока в емкость для жидкости, тогда как первая подмодель описывает или представляет режим истечения. В случае, когда насос расположен на впуске емкости для жидкости, предпочтительно, что расход через емкость для жидкости представляет собой расход на выпуске емкости для жидкости, чтобы в этом случае первую подмодель 10 можно было к тому же использовать для определения расхода через емкость для жидкости. Управляющее устройство соответственно адаптируется в этих случаях.

[24] Согласно первому предпочтительному варианту осуществления изобретения емкость для жидкости представляет собой приемок насоса, а насос расположен на выпуске для выкачивания жидкости насоса из приемка насоса, при этом первая 15 подмодель описывает приток в приемок насоса, а вторая подмодель описывает режим насоса, то есть режим истечения из емкости для жидкости. Что касается насоса, то предпочтительно, что он является погруженным насосом, который погружен в приемок насоса. Как описывалось ранее, при таком построении предпочтительно использовать вторую подмодель для определения посредством модели расхода или гидравлического 20 расхода подачи насоса. Непрерывная калибровка подмоделей путем адаптации их параметров посредством устройства оценивания параметров является предпочтительной при использовании такой насосной системы, поскольку при использовании, например, насосов сточной воды, эффективность насоса может быстро изменяться с течением времени вследствие загрязнения и износа. Устройство оценивания расхода согласно 25 изобретению обладает преимуществом, заключающимся в том, что оно непрерывно самокалибруется, при этом флуктуация расхода на впуске также учитывается посредством первой подмодели.

[25] Согласно другому варианту осуществления насос может быть расположен на впуске для заполнения емкости, при этом первая подмодель описывает истечение из 30 емкости и вторая подмодель описывает режим насоса, то есть режим притока. В таком варианте осуществления первая подмодель может использоваться для определения расхода на выходе или расхода через емкость для жидкости. Например, такую компоновку можно применять при подаче воды, когда вода закачивается насосом в емкость для жидкости, который находится на более высоком месте, из которого она 35 далее может вытекать только под действием силы тяжести. Кроме того, в такой системе изменение характеристик системы вследствие износа или загрязнения может учитываться посредством непрерывной калибровки или адаптации параметров подмоделей.

[26] Наряду с ранее описанной насосной системой предметом изобретения является способ оценивания расхода насоса, который может быть применен, например, в ранее 40 описанной насосной системе. Способ оценивания расхода насоса служит для определения расхода, который является, например, расходом на выпуске насосной системы, при этом насосная система содержит по меньшей мере один насос и емкость для жидкости. Предпочтительно, чтобы насосная система соответствовала насосной системе согласно предшествующему описанию. Способ отличается тем, что расход на выпуске определяют 45 посредством модели системы, которая состоит из по меньшей мере двух подмоделей, подмодели, описывающей режим притока в емкость для жидкости, и подмодели, описывающей режим истечения из или расход на выпуске емкости для жидкости. Тем самым оценивание расхода насосной системы осуществляют способом, описанным

ранее. При этом признаки, которые описаны для насосной системы, аналогичным образом представляют предпочтительные признаки способа оценивания расхода насоса согласно изобретению. Предшествующее описание имеет к нему отношение в той мере, в какой представляет интерес.

5 [27] В модели системы для способа оценивания расхода насоса предпочтительно применять по меньшей мере две подмодели, которые имеют различную природу в том смысле, что они имеют различное поведение в качестве реакции на изменение входных значений. Поэтому, как описано выше в отношении насосной системы, две подмодели не влияют друг на друга, и можно непрерывно адаптировать параметры модели системы
10 так, что модель системы описывает режим притока в емкость для жидкости, а также режим истечения из него. Например, когда параметры модели идентифицированы, вторую модель непрерывно используют для оценивания расхода.

[28] Ниже изобретение описывается для примера посредством сопровождающих чертежей. На этих чертежах:

- 15 фиг.1 - схематичный вид насосной системы согласно изобретению в виде приемка насоса с насосом, который расположен в нем;
- фиг.2 - структурная схема устройства оценивания расхода согласно изобретению;
- фиг.3 - ход уровня жидкости в зависимости от расхода на впуске и расхода на выпуске в насосной системе согласно фиг.1;
- 20 фиг.4 - представление согласно фиг.3, но при флуктуирующем расходе на впуске;
- фиг.5 - несколько диаграмм оценок расхода на впуске и расхода насоса на основании модели системы;
- фиг.6 - схематичный вид насосной системы, которая пригодна для подачи воды; и
- фиг.7 - диаграммы уровня жидкости в емкости для жидкости согласно фиг.6

25 зависимости от притока и истечения.

В соответствии с первым возможным вариантом осуществления изобретения насосная система согласно изобретению может быть конструктивно выполнена как система для подачи сточной воды. На фиг.1 показано соответствующее устройство. Приемок 2 насоса образует емкость для жидкости, которая снабжена впуском 4 и выпуском 6.
30 Впуск 4 расположен на верхней стороне и выпуск 6 на нижней стороне приемка 2 насоса. Насос 8, который подает воду или жидкость из приемка 2 насоса, расположен на выпуске 6. В этом примере насос 8 расположен вне приемка 2 насоса. Однако погружной насос также может быть применен. Для такой насосной системы имеются несколько релевантных переменных, в частности, расход q_{in} на впуске и расход q_p на выпуске,
35 при этом расход q_p на выпуске соответствует расходу при подаче насоса 8. Два датчика 10 и 12 давления предусмотрены в системе. Первый датчик 10 давления образует датчик уровня. Для обнаружения гидростатического давления на основании приемка 2 насоса датчик 10 давления расположен внутри приемка 2 насоса. Уровень h жидкости внутри приемка 2 насоса может быть определен известным способом по гидростатическому
40 давлению. Датчик 12 давления расположен на выпуске 6 или выпускном трубопроводе ниже по потоку от насоса 8, то есть на стороне подачи насоса 8, и обнаруживает давление p_{out} на выпуске насоса 8. Дополнительной переменной, которая имеет отношение к системе, является потребление электрической мощности P приводным электродвигателем 14 насоса 8. Предпочтительно, чтобы насос 8 содержал встроенное управляющее устройство 16, которое принимает сигналы датчиков с датчиков 10 и 12 давления и также обнаруживает потребление электрической мощности P приводным электродвигателем 14. Дополнительно управляющее устройство 16 может управлять

приводным электродвигателем 14 насоса 8. Кроме того, управляющее устройство 16 содержит устройство оценивания расхода, которое находится на месте оценивания расходов q_{in} и q_p . В ином случае это управляющее устройство 16 может быть внешним устройством, особенно в случае, если в системе имеются два или большее количество насосов.

Это устройство 18 оценивания расхода схематично представлено на фиг.2. В устройстве оценивания расхода используется модель 20 системы, имитирующая насосную систему, предназначенная для вычисления или приблизительного оценивания расходов q_p и q_{in} . Модель 20 системы состоит из двух подмоделей 22 и 24, функции которых описываются более подробно ниже. Кроме того, устройство 18 оценивания расхода содержит модуль 26 регистрации данных, который непрерывно регистрирует или обнаруживает измеряемые параметры системы, в этом примере высоту h уровня жидкости в приемке 2 насоса, которая вычисляется на основании сигнала с датчика 10 давления в управляющем устройстве 16, дифференциальное давление Δp на насосе 8, то есть разность давлений между датчиками 10 и 12 давления, потребление электрической мощности P , а также сигнал s переключения, который показывает, включен или выключен приводной электродвигатель 14. Эти данные, которые непрерывно обнаруживаются модулем 26 регистрации данных, непрерывно сохраняются в запоминающем устройстве в виде памяти 28 данных. Таким образом, новые данные могут регулярно записываться поверх старых данных. Устройство 30 оценивания параметров, которое точно так же является частью устройства оценивания расхода, способом, описанным ниже, определяет параметры модели или параметры 32 подмоделей 22 и 24 на основании данных, сохраняемых в памяти 28 данных. На основании подмоделей 22 и 24, образованных таким образом, определяются расходы q_p и q_{in} на основании подаваемых текущих данных, измеряемых в системе.

Использование модели 20 системы для определения расхода через насосную систему, который соответствует расходу q_p на выпуске насоса 8, исключает непосредственное измерение расхода. Эффективность насоса изменяется относительно быстро, поскольку насос 8 подвергается износу и загрязнению, так что оценивание расхода нельзя основывать только на электрических переменных приводного электродвигателя 14 и измеряемых давлениях. Изменение уровня h в зависимости от времени t также не является надежной переменной для расхода q_p на выпуске, если одновременно изменяется расход q_{in} на впуске. Это поясняется посредством фиг.3 и 4.

Режим системы в зависимости от времени t представлен тремя диаграммами на фиг.3. Нижней кривой на фиг.3 показан расход q_p на выпуске в зависимости от времени t . Средней кривой показан расход q_{in} на впуске в зависимости от времени t , верхней кривой показана высота h уровня жидкости в приемке 2 насоса в зависимости от времени t . Можно видеть, что расход q_{in} на впуске является постоянным. Насос 8 включается в момент T_1 времени и выключается в момент T_3 времени. Уровень h возрастает до момента T_1 времени вследствие постоянного расхода q_{in} на впуске. Расход q_{in} на впуске на этом временном интервале пропорционален повышению уровня h . Уровень h падает снова при включении насоса 8 в момент T_1 времени, при этом как представлено в уравнениях на фиг.3, изменение уровня h в зависимости от времени t пропорционально разности расхода q_{in} на впуске и расхода q_p на выпуске. Если, как представлено на фиг.3, расход q_{in} на впуске является постоянным, то расход q_p на выпуске может быть

определен просто по разности изменения уровня в случае включения и выключения насоса 8. Как представлено на фиг.4, изменения расхода q_{in} на впуске более невозможны.

Три кривые на фиг.4 соответствуют кривым из фиг.3. В противоположность фиг.3 расход q_{in} на впуске не является постоянным в режиме работы согласно фиг.4, а
 5 возрастает в момент T_0 времени и снижается в момент T_2 времени, как это представлено на фиг.4. Как можно понять по верхней кривой, скорость, с которой уровень h в приемке 2 насоса возрастает, повышается при возрастании расхода q_{in} на впуске в момент T_0 времени на интервале Δt_4 . В соответствии с этим скорость падения уровня h меньше на
 10 временных интервалах Δt_5 , Δt_6 и Δt_7 между моментами T_1 и T_2 времени, чем на сравнимом интервале в режиме работы согласно фиг.3. Скорость, с которой уровень h в приемке 2 насоса падает, опять повышается на интервале Δt_8 при снижении расхода q_{in} на впуске в момент T_2 времени. Следует понимать, что невозможно получать расход
 15 q_p на выпуске только на основании скорости, с которой уровень h изменяется, если расход q_{in} на впуске изменяется, поскольку временное изменение уровня h всегда пропорционально разности между расходом q_{in} на впуске и расходом q_p на выпуске.

Модель 20 системы применяют способом, описываемым ниже, чтобы иметь
 20 возможность определять расход q_p на выпуске также и в таких режимах работы. Модель 20 системы состоит из двух подмоделей 22 и 24. Существенным для системы является то, что подмодели 22 и 24 имеют различную природу. Подмодель 22 описывает режим притока, то есть расход q_{in} на впуске, тогда как подмодель 24 описывает или
 25 представляет режим истечения в виде расхода q_p на выпуске. Таким образом первая модель зависит от параметра θ и времени t , то есть $q_{in}=f(\theta,t)$. Вторая подмодель 24 имеет другую природу и зависит от параметра λ , сигнала s включения, электрической мощности P и дифференциального давления Δp между датчиками 10 и 12 давления, то есть $q_p=g$
 ($\lambda,s,P,\Delta p$).

30 Нижеследующее уравнение следует из того, что расход q_{in} на впуске и расход q_p на выпуске, представленные на фиг.3 и 4, зависят от изменения высоты h в приемке 2 насоса:

$$\frac{A(h(t))(h(t + \delta t) - h(t))}{\delta t} = f(\theta, t) - g(\lambda, s(t), P(t), \Delta p(t))$$

35 В этой формуле h соответствует уровню жидкости в приемке 2 насоса, t - времени, δt - временному интервалу и $A(h)$ - площади поперечного сечения приемка 2 насоса, при этом площадь поперечного сечения может быть функцией высоты h , если приемок насоса 2 не имеет поперечного сечения, которое является постоянным на протяжении высоты. При последующем рассмотрении площадь $A(h)$ поперечного сечения приемка
 40 2 насоса предполагается известной.

Нижеследующая модель может быть применена в качестве первой подмодели 22, представляющей режим подачи или притока:

$$f(\theta, t) = \theta_0 + \theta_1 \operatorname{atan}(\theta_2 t + \theta_2).$$

45 Нижеследующая модель может быть применена, например, в качестве второй подмодели 24, которая представляет режим истечения:

$$g(\lambda, s, P, \Delta P) = \lambda_0 s + \lambda_1 s P + \lambda_2 s \Delta p.$$

Две подмодели 22 и 24 наряду с различными входными переменными содержат

различные параметры модели или параметры $\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3$ и $\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2$, соответственно, которые определяются устройством 30 оценивания параметров.

Следует понимать, что ранее указанные модели являются только примерами. Кроме того, различным образом образованные модели, которые являются разными по природе, могут быть применены в качестве подмодели 22, а также в качестве подмодели 24. Поэтому, например, подмодель 24, которая представляет режим истечения, также может быть упрощена:

$$G(\lambda, s, P) = \lambda_0 s + \lambda_1 s P.$$

Такая модель, представляющая насос 8, является предпочтительной, поскольку, например, для нее давление p_{out} на выпуске не требуется в качестве входной переменной. Такое обнаружение давления не типично для многочисленных установок отвода, сбора и очистки сточных вод. В связи с этим конструкция установки упрощается. Другое упрощение модели может быть следующим:

$$G(\lambda, s, \Delta p) = \lambda_0 s + \lambda_1 s \Delta p.$$

Такая подмодель 24, представляющая режим истечения или режим насоса 8, является предпочтительной, поскольку не требуется обнаруживать электрическую переменную насоса 8. В противоположность этому, такая модель основана только на параметрах λ_0 и λ_1 модели, сигнале s переключения, дифференциальном давлении Δp между датчиками 10 и 12 давления, а также времени t .

Более расширенная версия подмодели 24 с информацией о скорости имеет вид:

$$g(\lambda, s, P, \Delta p, \omega) = \lambda_0 \frac{s}{\omega} + \lambda_1 \frac{sP}{\omega^2} + \lambda_2 \frac{s\Delta p}{\omega} + \lambda_3 s \omega.$$

Предпочтительно использовать эту версию, если насос управляется преобразователем частоты, поскольку информацию о скорости можно получать с преобразователя частоты.

В случае расположения более одного насоса в прямке 2 насоса, что часто случается, имеются два различных подхода для соответствующего представления этого моделими. С одной стороны, в каждом случае можно образовывать модель для каждого насоса и учитывать включение электропитания, которое является, например, сигналом s пуск/стоп для каждого из двух насосов 8. Отсюда, две дополнительные подмодели 24 в таком случае будут, например, в виде:

$$q_1 = g_1(\lambda_1, s_1, P_1, \Delta p), \quad q_2 = g_1(\lambda_2, s_2, P_2, \Delta p),$$

при этом имеются два набора параметров λ_1 и λ_2 , а также сигналы s_1, s_2 включения, по одному для каждого насоса в каждом случае.

С другой стороны, можно использовать модель или подмодель, которой имитируются оба насоса, если оба насоса или несколько насосов 8 включаются одновременно, как случае однотипных насосов 8. В этом случае переменная s не будет подлинным сигналом пуск/стоп, представляющим включение и выключение насоса, а сигналом, который одновременно представляет одновременное включение многочисленных насосов 8. В этом случае электрическая мощность P будет обозначать среднюю мощность одного насоса, то есть сумму мощностей всех действующих насосов, деленную на количество действующих насосов.

Параметры λ и θ из подмодели 22 и 24, относящиеся к работе насосной системы, непрерывно определяются и адаптируются устройством 30 оценивания параметров на основании ранее измеренных данных, сохраняемых в памяти 28 данных. Поэтому адаптированные параметры 32 (λ, θ) в таком случае образуют основу для определения

или идентификации расхода q_{in} на впуске и расхода q_p на выпуске. Таким образом, непрерывно выполняемая адаптация или оптимизация моделей оказывает полезное действие, так что эти подмодели 22 и 24 имитируют или представляют системы по возможности точно.

5 Кроме того, способ осуществления функций моделей поясняется посредством фиг.5. Верхней кривой на фиг.5 показано изменение высоты h в зависимости от времени t . Второй кривой показаны потребление электрической мощности P приводным электродвигателем 14 в зависимости от времени t и сигнал s переключения, который представляет состояние включения приводного электродвигателя 14. Можно понять, что насос 8 включен между моментом T_1 времени, соответствующим около 13 с, и 10 моментом T_3 времени, соответствующим около 42 с. Третьей кривой на фиг.5 показан сигнал давления, который является результатом дифференциального давления Δp между двумя датчиками 10 и 12 давления. Разность Δp давлений возрастает при включении насоса 8.

15 Четвертой параллельной кривой на фиг.5 показан расход q_{pit} приемка насоса, то есть расход q_{pit} , который приводит к возрастанию и падению уровня h в приемке 2 насоса. Расход q_{pit} приемка насоса является разностью между расходом q_{in} на впуске и расходом q_p на выпуске. Фактический расход $q_{pit,meas}$ приемка насоса, который следует из измерения высоты h и известного поперечного сечения $A(h)$ приемка 2 насоса, 20 представлен четвертой кривой на фиг.5 в виде сплошной линии. Пунктирной линией показан оцененный расход $q_{pit,est}$ приемка насоса, который определен на основании подмоделей 22 и 24.

25 Расход $q_{pit,est}$ приемка насоса, определенный таким образом в соответствии с моделями, основан на расходе $q_{in,est}$ на впуске и расходе $q_{p,est}$ на выпуске, которые определены по подмоделям 22 и 24 и представлены на нижней кривой из фиг.5. Можно понять, что модели точно представляют фактический измеряемый расход q_{pit} приемка насоса.

30 Расход q_{pit} приемка насоса следует из приведенного ниже уравнения:

$$q_{pit}(t) = A(h(t)) \frac{h(t + \delta t) - h(t)}{\delta t} = q_{in}(t) - q_p(t).$$

35 Переменные, использованные в уравнении, соответствуют переменным, которые описаны выше.

Получение параметров λ и θ для подмоделей 22 и 24 может быть осуществлено сравнением результирующих переменных, определенных в соответствии с моделями, с фактическими измеренными соответствующими переменными при использовании, например, метода наименьших средних квадратов. Как пояснялось выше, расход q_{pit} 40 приемка насоса может быть вычислен в зависимости от времени t в соответствии с предшествующим уравнением на основании уровня h , который измеряют в приемке 2 насоса, то есть эту переменную можно фактически измерять и сравнивать с расходом $q_{pit,est}$ приемка насоса, который определяют на основании моделей. Что касается расхода $q_{pit,est}$ приемка насоса, который определяют на основании моделей, то в этом случае 45 он является оцененным расходом приемка насоса, который следует из подмоделей 22 и 24, которые описаны выше. Применяют способ, которым минимизируют ошибки прогнозирования. Для этого соответствующим образом адаптируют параметры модели,

$\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3$, а также λ_1 и λ_2 .

Что касается примера варианта осуществления согласно фиг.1, то задача устройства 18 оценивания расхода заключается в определении расхода q_p на выпуске. Фактически, для этого необходима только вторая подмодель 24. Однако, чтобы иметь возможность определять ее параметр λ , первая подмодель 22, представляющая расход q_{in} на впуске, необходима для того, чтобы описанным способом определять параметры λ и θ модели путем сравнения оцененного расхода $q_{pit,est}$ приемка насоса с измеренным расходом $q_{pit,meas}$ приемка насоса. Таким образом, в этом случае подмодель 22 образует вспомогательную модель, которая используется для оценивания параметров.

На фиг.6 показан второй пример варианта осуществления изобретения. Согласно примеру варианта осуществления показана насосная система для подачи воды. В данном случае бак 2' предусмотрен в качестве емкости для жидкости, при этом насос 8' расположен на его впуске 4'. Бак 2' находится выше насоса 8', так что этот насос закачивает воду или жидкость в бак 2' при расходе q_p на впуске. Жидкость может вытекать из бака 2' через выпуск 6' под действием силы тяжести. Поэтому создается расход q_{out} на выпуске. Датчик 34 уровня, который может быть выполнен, например, аналогично датчику давления, описанному посредством фиг.1, предусмотрен для определения уровня или высоты h жидкости в баке 2'. В данном случае датчик 36 давления, который обнаруживает давление p_p на выпуске насоса 8', расположен на выходной стороне насоса 8'. Кроме того, в этом случае первая подмодель 22, в которой представлен расход на впуске, в данном случае расход q_p насоса, и вторая подмодель 24, в которой представлен расход q_{out} на выпуске, также могут быть применены соответствующим образом в управляющем устройстве для определения расхода. Кроме того, в данном случае расход q_{pit} в баке зависит от разности расходов q_p и q_{out} . Поскольку это представляет интерес, оценивание одного параметра из параметров λ и θ для обеих подмоделей 22 и 24 может быть выполнено способом, который соответствует способу, ранее описанному.

Например, в качестве модели расхода q_{out} на выпуске может быть применен ряд Фурье

$$q_{out} = f(\theta, t) = \theta_0 + \theta_1 \cos(\omega t) + \theta_2 \sin(\omega t) + \dots$$

или аппроксимирующий многочлен

$$q_{out} = f(\theta, t) = \theta_0 + \theta_1 t + \theta_2 t^2 + \dots$$

Расход q_p насоса, который соответствует расходу на впуске, как в первом примере варианта осуществления, может быть аппроксимирован функцией $g(\lambda, s, P, \Delta p)$. При этом Δp является дифференциальным давлением на насосе 8', а переменная s переключения обозначает количество действующих насосов в случае, когда несколько насосов расположены параллельно, как описывалось ранее.

Дифференциальное давление можно определять как давление нагнетания насоса, когда насос работает, вычтенное из давления в системе, при этом давление в системе оценивают и сохраняют, когда насос выключен, при этом например, как давление нагнетания насоса, так и давление в системе можно измерять одним датчиком 36 давления p_p .

На фиг.7 показаны ход высоты h в зависимости от времени и соответствующее изменение расхода q_{out} на выпуске и расхода q_p насоса, при этом насос 8' включается

в момент T_1 времени и выключается в момент T_3 времени.

Как схематично представлено на фиг.2, непрерывную адаптацию подмоделей 22 и 24 можно одновременно осуществлять в зависимости от оценки расходов также в случае второго примера варианта осуществления согласно фиг.6 и 7.

5 **Перечень ссылочных позиций**

2 - приемок насоса

2' - бак

4, 4' - впуск

6, 6' - выпуск

10 8, 8' - насос

10 - датчик давления, датчик уровня

12 - датчик давления

14 - приводной электродвигатель

16 - управляющее устройство

15 18 - устройство оценивания расхода

20 - модель системы

22, 24 - подмодели

26 - модуль регистрации данных

28 - память данных, запоминающее устройство

20 30 - устройство оценивания параметров

32 - параметр

34 - датчик уровня

36 - датчик давления

q_{in} - расход на впуске приемка насоса

25 q_{out} - расход на выпуске

q_p - расход на выпуске приемка насоса, расход насоса

q_{pit} - расход приемка насоса, $q_{pit}=q_p-q_{out}$ или $q_{pit}=q_{in}-q_p$

h - уровень

30 P - электрическая мощность

p_{out} - давление на выпуске насоса

s - сигнал включения, который обозначает количество насосов, которые включаются

Δp - дифференциальное давление на насосе

t - время

35 $\Delta t, \delta t$ - временные интервалы

$E(\theta, t)$ - математическая модель, которая описывает режим притока

θ - вектор параметров, который содержит параметры модели для режима притока

θ_i - параметр

40 $g(\lambda, s, P, \Delta p)$ - математическая модель, которая описывает расход насоса или режим истечения

λ - вектор параметров, который содержит параметры модели, описывающей расход насоса

λ_i - параметр.

45

(57) Формула изобретения

1. Насосная система с по меньшей мере одной емкостью (2; 2') для жидкости, которая содержит впуск (4; 4') и выпуск (6; 6'), с по меньшей мере одним насосом (8; 8'), который расположен на впуске (4) или выпуске (6), и с управляющим устройством (16), которое

содержит устройство (18) оценивания расхода для определения расхода (9) через емкость (2; 2') для жидкости насосной системы,

при этом

устройство (18) оценивания расхода выполнено с возможностью использования в нем модели (20) системы для определения расхода, при этом модель (20) системы состоит из по меньшей мере двух различных подмоделей (22, 24), подмодели (22), описывающей режим притока в емкость (2; 2') для жидкости, и подмодели (24), описывающей режим истечения из емкости (2; 2') для жидкости, отличающаяся тем, что управляющее устройство (16) содержит запоминающее устройство (28), которое выполнено с возможностью сохранения данных, регистрируемых в насосной системе, и устройство (30) оценивания параметров, которое выполнено с возможностью определения параметров по меньшей мере двух подмоделей (22, 24) на основании сохраняемых данных таким образом, что параметры первой подмодели (22) и параметры второй подмодели (24) одновременно определяются.

2. Насосная система по п.1, отличающаяся тем, что две различные подмодели (22, 24) имеют различную природу.

3. Насосная система по п.1 или 2, отличающаяся тем, что устройство (30) оценивания параметров выполнено с возможностью определения параметров по меньшей мере двух подмоделей (22, 24) путем минимизации расхождения между оцененной выходной переменной ($q_{pit,est}$), которая определяется подмоделями (22, 24), и соответствующей выходной переменной (q_{pit}), которая измеряется или вычисляется в системе, в частности, посредством использования метода наименьших средних квадратов.

4. Насосная система по любому из пп.1-3, отличающаяся тем, что емкость (2; 2') для жидкости снабжена датчиком (10; 34) уровня, который обнаруживает уровень (h) жидкости внутри емкости (2; 2') для жидкости, при этом обнаруженный уровень (h) жидкости сохраняется как часть регистрируемых данных.

5. Насосная система по любому из пп.1-4, отличающаяся тем, что по меньшей мере один насос (8; 8') содержит приводной электродвигатель (14) и устройство обнаружения мощности, которое обнаруживает текущую электрическую мощность (P) приводного электродвигателя (14), при этом электрическая мощность (P) сохраняется как часть регистрируемых данных.

6. Насосная система по любому из пп.1-5, отличающаяся тем, что датчик (12; 36) давления расположен на выпускной стороне насоса (8; 8') с возможностью обнаруживать давление (p_{out}) на выпуске насоса (8; 8'), при этом давление (p_{out}) на выпуске сохраняется как часть регистрируемых данных.

7. Насосная система по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что управляющее устройство (16) выполнено с возможностью обнаружения количества действующих насосов (8; 8') в насосной системе и/или скорости вращения по меньшей мере одного насоса (8; 8'), при этом количество действующих насосов (8; 8') и/или скорость вращения предпочтительно сохраняются как часть регистрируемых данных.

8. Насосная система по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что первая подмодель (22) является функцией времени (t) и по меньшей мере одного определенного параметра (θ) модели.

9. Насосная система по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что вторая подмодель (24) является функцией данных, которые регистрируются в системе, и по меньшей мере одного определенного параметра (λ) модели.

10. Насосная система по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем,

что управляющее устройство (16) выполнено с возможностью использования второй подмодели (24) для определения расхода (q_p) насоса.

5 11. Насосная система по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что емкость для жидкости представляет собой приемок (2) насоса, а насос (8) расположен на выпуске (4) для выкачивания жидкости из приемка (2) насоса, при этом первая подмодель (22) описывает приток в приемок (2) насоса и вторая подмодель (24) описывает режим насоса (8).

10 12. Насосная система по любому из пп.1-10, отличающаяся тем, что насос (8') расположен на впуске (2') для заполнения емкости (2') для жидкости, при этом первая подмодель (22) описывает истечение из емкости (2') для жидкости и вторая подмодель (24) описывает режим насоса (8).

15 13. Способ оценивания расхода насоса для определения расхода на выпуске насосной системы, которая содержит по меньшей мере один насос (8) и емкость (2) для жидкости, при этом расход на выпуске определяют посредством модели (20) системы, которая состоит из по меньшей мере двух подмоделей (22, 24), подмодели (22), описывающей режим притока в емкость (2) для жидкости, и подмодели (24), описывающей режим истечения из емкости (2) для жидкости, отличающийся тем, что данные, регистрируемые в насосной системе, сохраняются в запоминающем устройстве, и тем, что параметры по меньшей мере двух подмоделей (22, 24) одновременно определяются на основании
20 указанных сохраняемых данных.

14. Способ оценивания расхода насоса по п.13, отличающийся тем, что по меньшей мере две подмодели (22, 24) имеют различную природу в том смысле, что они имеют различное поведение в качестве реакции на изменение входных значений.

25

30

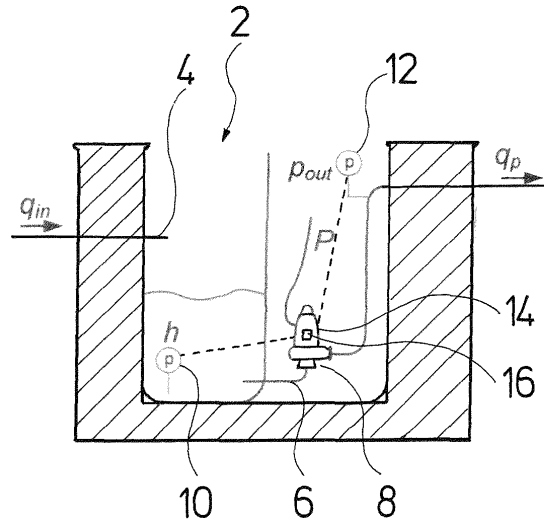
35

40

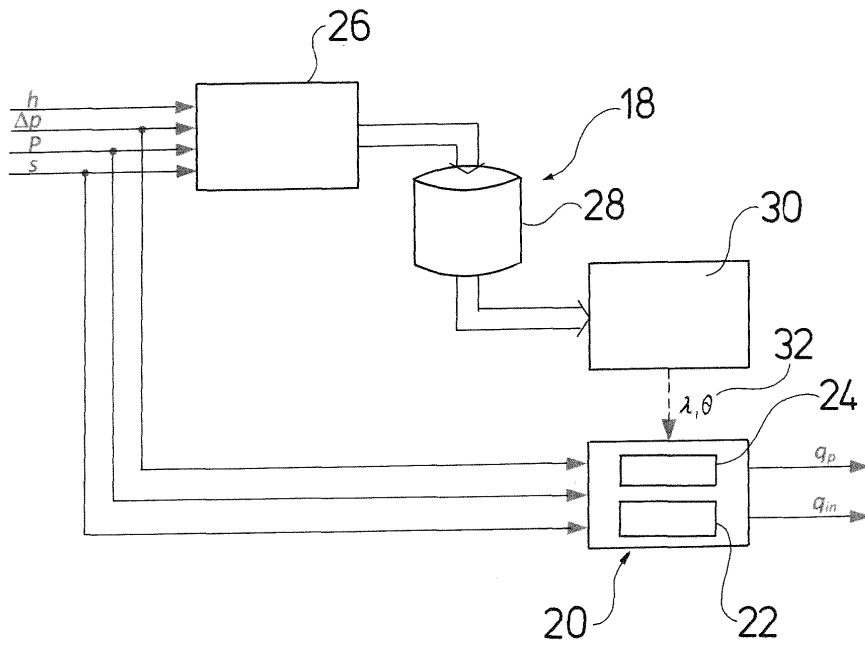
45

1/5

ФИГ. 1

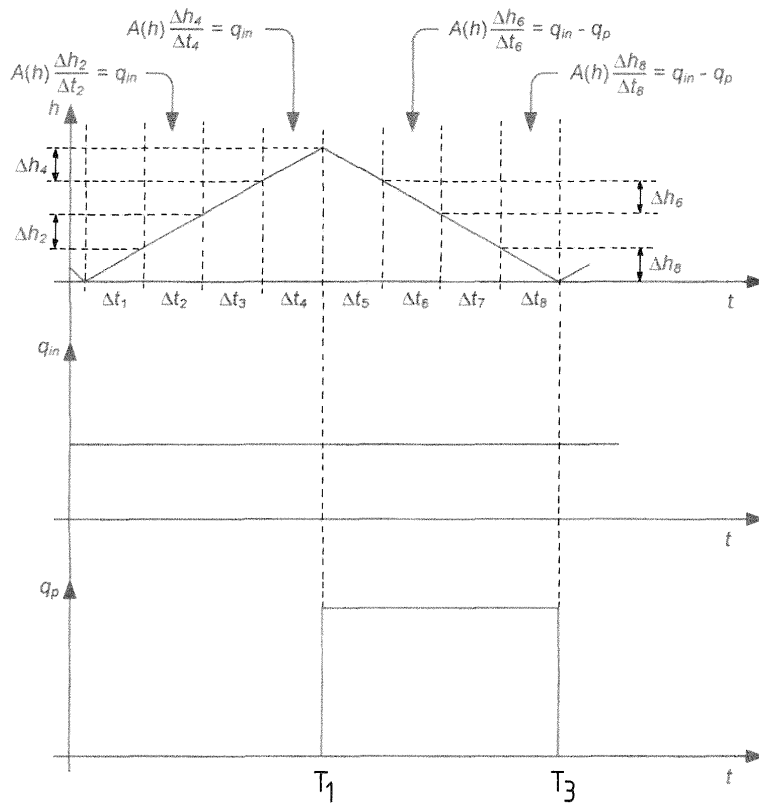


ФИГ. 2



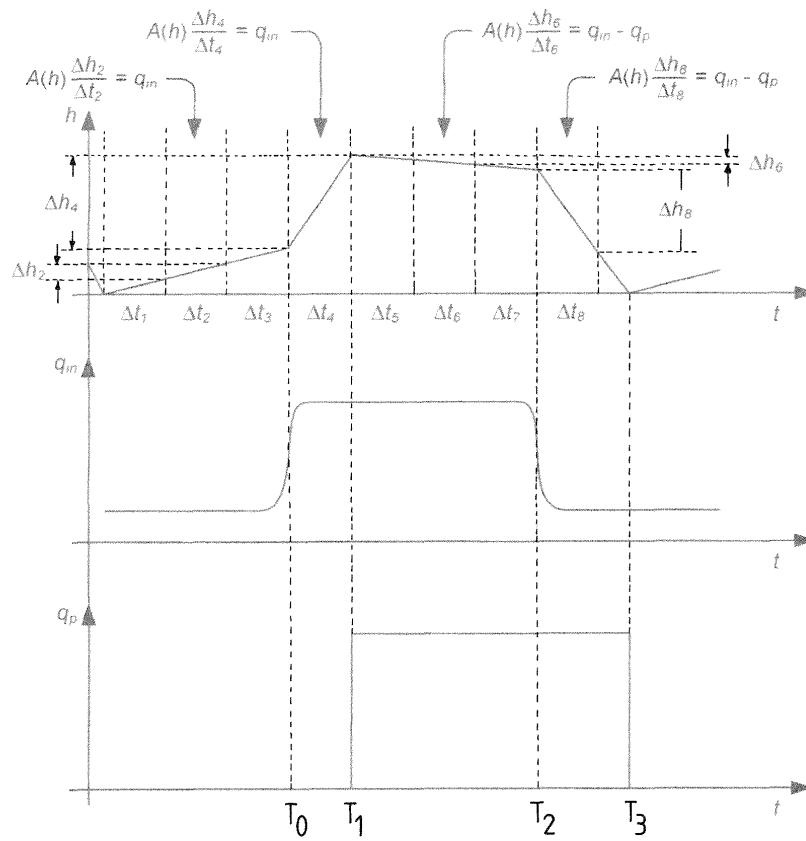
2/5

ФИГ. 3



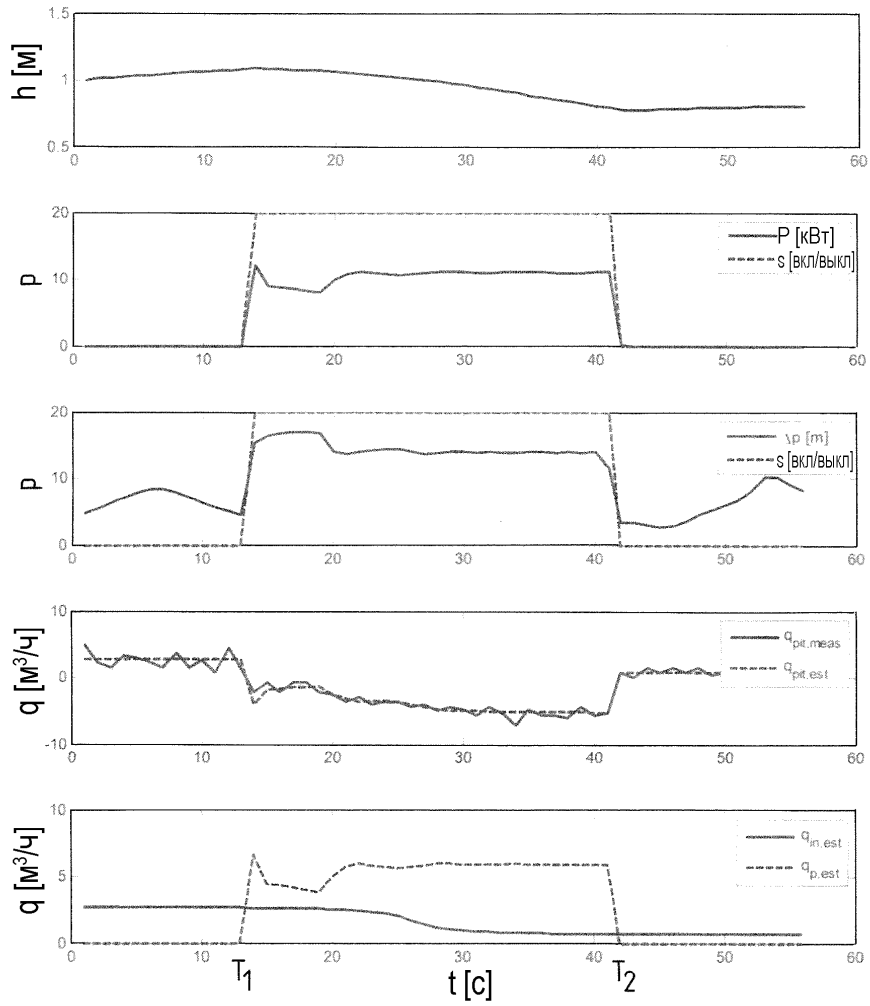
3/5

ФИГ. 4



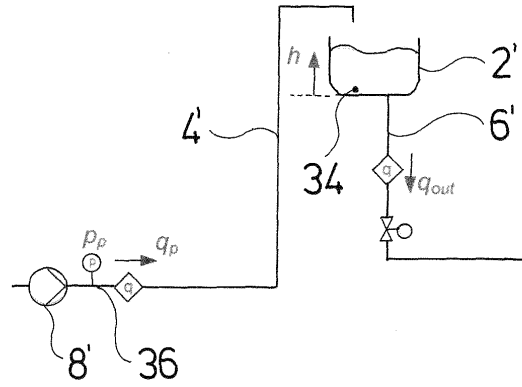
4/5

ФИГ. 5



5/5

ФИГ. 6



ФИГ. 7

