



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014136200/02, 05.09.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.09.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 05.09.2014

(45) Опубликовано: 27.03.2016 Бюл. № 9

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2224172 C2, 20.02.2004. EP 0150068
A2, 31.07.1986. DE 3704756 A1, 11.08.1988. SU
1751422 A1, 30.07.1992.

Адрес для переписки:

117186, Москва, Севастопольский пр-кт, 47А,
ООО "НИИ Транснефть"

(72) Автор(ы):

Слива Евгений Степанович (RU),
Мартынов Анатолий Юрьевич (RU),
Ченцов Александр Николаевич (RU),
Фокин Сергей Владимирович (RU),
Оралов Владимир Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

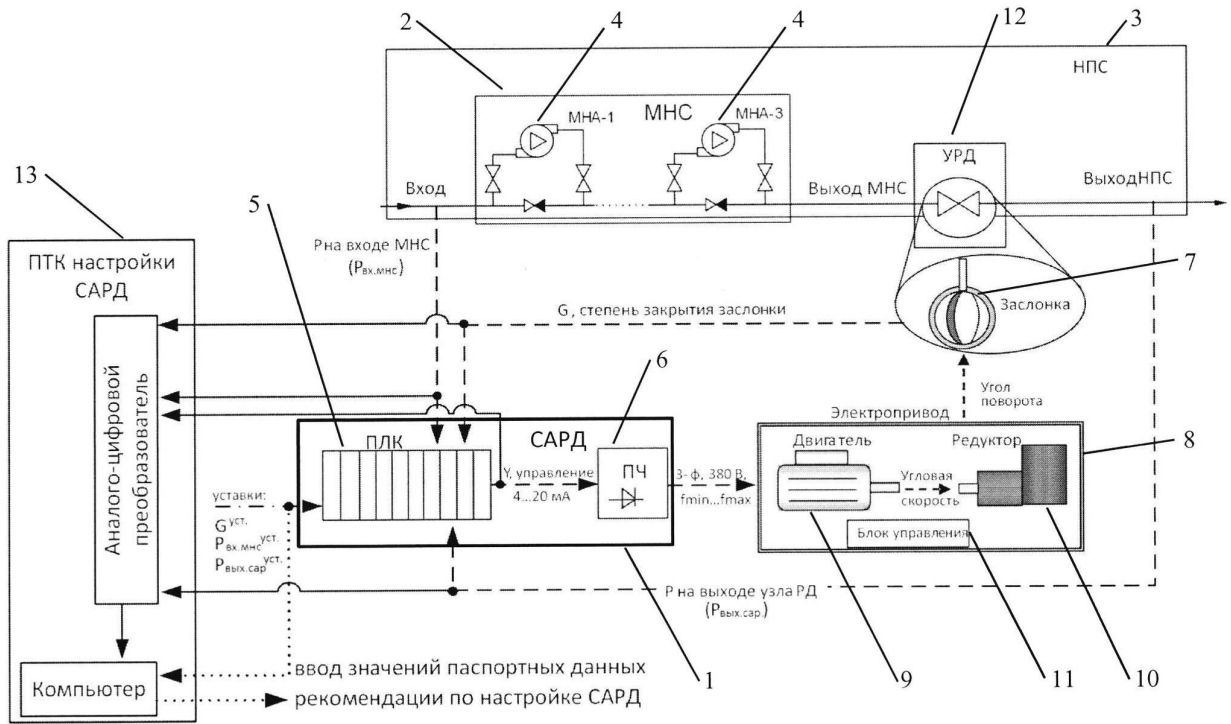
Открытое акционерное общество
"Акционерная компания по транспорту
нефти "Транснефть" (ОАО "АК
"Транснефть") (RU),
Общество с ограниченной ответственностью
"Научно-исследовательский институт
транспорта нефти и нефтепродуктов
Транснефть" (ООО "НИИ Транснефть")
(RU),
Акционерное общество "Транснефть-
Диаскан" (АО "Транснефть-Диаскан") (RU)

(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО НАСТРОЙКИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ (САРД) В МАГИСТРАЛЬНОМ ТРУБОПРОВОДЕ ДЛЯ ПЕРЕКАЧИВАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области регулирования давления в магистральных трубопроводах нефти и нефтепродуктов. Технический результат - повышение точности и скорости регулирования. Устройство содержит программно-технический комплекс, программируемый логический контроллер, преобразователь частоты и электропривод заслонки для регулирования степени ее закрытия. Измеряются степень закрытия заслонки и величины давления перекачиваемой среды в трубопроводе до и после заслонки. Параметры

настройки включают в себя коэффициенты инкрементного пропорционально-дифференциального регулятора, а также параметры, учитывающие несимметричность регулирования закрытия заслонки, нелинейность изменения давления, возможность импульсного воздействия на заслонку и параметры, обеспечивающие защиту технологического оборудования при достижении определенных значений давления перекачиваемой среды в трубопроводе. 2 н.п. ф-лы, 2 ил.



Технологическая схема процесса регулирования давления в трубопроводе.

Фиг.1

RU 2578297 C1

RU 2578297 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
F17D 3/00 (2006.01)
G05D 16/00 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014136200/02, 05.09.2014

(24) Effective date for property rights:
05.09.2014

Priority:

(22) Date of filing: 05.09.2014

(45) Date of publication: 27.03.2016 Bull. № 9

Mail address:

117186, Moskva, Sevastopolskij pr-kt, 47A, OOO
"NII Transneft"

(72) Inventor(s):

Sliva Evgenij Stepanovich (RU),
Martynov Anatolij Jurevich (RU),
Chentsov Aleksandr Nikolaevich (RU),
Fokin Sergej Vladimirovich (RU),
Oralov Vladimir Mikhajlovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo
"Aktsionernaja kompanija po transportu nefti
"Transneft" (OAO "AK "Transneft") (RU),
Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennostju
"Nauchno-issledovatel'skij institut transporta
nefti i nefteproduktov Transneft" (OOO "NII
Transneft") (RU),
Aktsionernoe obshchestvo "Transneft-Diaskan"
(AO "Transneft-Diaskan") (RU)

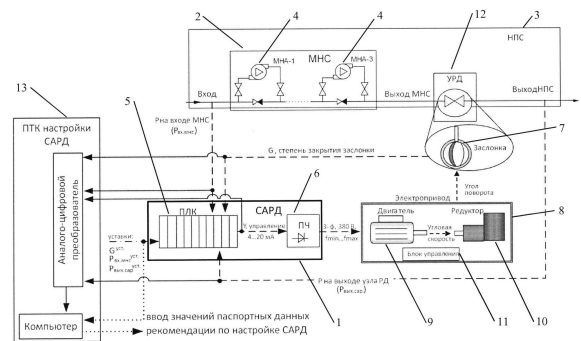
(54) **METHOD AND DEVICE FOR REGULATION OF AUTOMATIC PRESSURE CONTROL SYSTEM (APCS) IN THE MAIN PIPELINE FOR TRANSFERRING OIL PRODUCTS**

(57) Abstract:

FIELD: oil and gas industry.

SUBSTANCE: invention relates to control pressure in main pipelines for oil and oil products. Device contains a program-technical complex, a programmable logic controller, a frequency converter and shutter motor drive to control the degree of its closure. Degree of shutter closing and pressure value of pumped medium in pipeline before and after the shutter are measured. Settings include coefficients of increment proportional-differential controller, as well as parameters which calculate asymmetry of shutter closing control, non-linearity of pressure variation, possibility of pulse effect on shutter and parameters that provide for the protection of process equipment upon reaching certain values of pressure of pumped medium in pipeline.

EFFECT: higher accuracy and control speed.
2 cl, 2 dwg



Технологическая схема процесса регулирования давления в трубопроводе.
Фиг.1

RU 2 578 297 C1

RU 2 578 297 C1

Изобретение относится к системам автоматического регулирования давления (САРД) в магистральных трубопроводах нефти и нефтепродуктов и предназначено для автоматизации процесса настройки САРД для нахождения параметров настройки САРД, при которых давление перекачиваемой среды в трубопроводе будет соответствовать установленным требованиям эксплуатации трубопровода.

Известен способ настройки ПИД-регулятора [Полищук А.В. Настройка ПИД регулятора систем автоматического регулирования объектов теплоэнергетического оборудования. Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований 2012». - Выпуск 1. Том 1. - Одесса: Куприенко, 2012 - 96 с]. Расчет настроек ПИД-регулятора выполняют из условий, принятых в теплоэнергетике критериев качества, на основе которых получают зависимости компромиссных параметров настройки. В известном способе расчет настроек пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора (ПИД-регулятора) производят для инерционного контура системы автоматического регулирования (САР) температуры пара промежуточного перегрева по экспериментальным данным, полученным на Новосибирской ТЭЦ - 5. Алгоритмы оптимизации настроек ПИД-регулятора позволяют анализировать устойчивость работы САР с ПИД - законом регулирования в зависимости от варьирования динамики объекта регулирования.

Известно устройство настройки ПИД-регулятора [заявка на выдачу патента на изобретение RU 2007109735 А, опубл. 20.09.2008, МПК G05В 13/00], состоящее из контура регулирования, включающего ПИД-регулятор, объект регулирования, датчик регулируемого параметра, блок сравнения регулируемого параметра с его заданным значением. Известное устройство дополнительно содержит блок идентификации контура регулирования, блок сравнения и блок корректировки настроек ПИД-регулятора, при этом вход блока идентификации контура регулирования соединен с выходом блока сравнения, а выход соединен со входом блока корректировки настроек ПИД-регулятора, выход которого соединен со входом ПИД-регулятора.

Известны также способ адаптивного управления по ПИД-закону и система для его реализации [патент на изобретение RU 2510956 С2, опубл. 10.04.2014, МПК G05В 13/00], в котором устанавливают соответствие между допустимыми уровнями критичности отклонений параметров конфигурации управляемой системы (ПК УС) и уровнем критичности их отклонений; по значениям матрицы принятия решений вычисляют погрешности отклонений значений ПК УС и проверяют их на соответствие допустимым уровням критичности отклонений ПК УС: в случае соответствия - сохраняют предыдущие значения ПК УС и проводят рефакторинг начального содержания множества значений матрицы принятия решений, а в случае несоответствия - запоминают это событие и вычисленные погрешности отклонений значений ПК УС и назначают управляющее воздействие на УС на основе выбора значений из матрицы принятия решений; в случае выявления недостающих и/или некорректно заданных значений параметров конфигурации УС - проводят рефакторинг содержания множества значений матрицы принятия решений по каждому из ПК УС для заданных условий эксплуатации УС путем добавления выявленных недостающих значений и/или изменения некорректных значений матрицы принятия решений; сохраняют предыдущие значения ПК УС, назначают управляющее воздействие на УС и проводят рефакторинг содержания множества значений матрицы принятия решений путем замены предыдущих значений ПК УС текущими значениями ПК УС. Система содержит коммутационные матрицы входов и выходов, решающее устройство, пропорциональный блок, контроллер

функциональной логики, исполнительный блок, управляемый объект и интегрирующе-дифференцирующий блок, содержащий К интегрирующе-дифференцирующих кластеров, каждый из которых содержит один из К интегрирующих блоков и один из К дифференцирующих блоков с собственными нормирующими коэффициентами. В результате улучшается динамика процессов регулирования и достигается расширение функциональных возможностей системы.

Перечисленные выше способы и устройства не позволяют проводить автоматическую настройку САРД в магистральном нефтепроводе, т.к. для настройки в них используется корректировка коэффициентов «классического» ПИД-регулятора, работа которого при некоторых режимах работы трубопровода не обеспечивает соблюдения требований НТД эксплуатации трубопровода.

Система автоматического регулирования давления предназначена для поддержания давления на приеме первого по потоку перекачиваемой среды магистрального насосного агрегата (МНА) не ниже допустимого значения, поддержания давления не выше допустимого значения на выходе нефтеперекачивающей станции (НПС), а также снижения нагрузки на электродвигатели насосных агрегатов при их запуске.

Поддержание давления в трубопроводе производится методом дросселирования, при котором перекачиваемая среда протекает через дроссель - местное гидродинамическое сопротивление потоку (поворотную заслонку, установленную в трубопроводе).

Поворотные заслонки являются регулирующими органами с изменяющимся по значению проходным сечением. С изменением проходного сечения существенно меняются гидравлические сопротивления, вызывающие изменения потери давления и изменение расхода перекачиваемой среды.

Система настройки САРД должна обеспечивать устойчивую работу в условиях изменения объемов перекачиваемой жидкости, увеличения числа переходов с одного режима работы трубопровода на другой, наличия ошибок в работе персонала, а также при проведении ремонтных работ без остановки перекачки. Модификации САРД, имеющие в своем составе алгоритмы адаптации к изменению параметров объекта управления, не привели к ожидаемому результату, т.к. процесс автоподстройки приводит к неконтролируемому поведению гидросистемы трубопровода в процессе автоподстройки.

В настоящий момент отсутствует автоматизированная методика настройки САРД на объектах магистрального нефтепровода, учитывающая вышеперечисленные проблемы, и настройка САРД в каждом конкретном случае производится эмпирическим путем.

Способ и устройство для настройки САРД позволяет унифицировать и автоматизировать процесс настройки, обеспечив предсказуемый результат поведения САРД в изменяющейся технологической обстановке трубопровода.

Задачи, решаемые заявленным изобретением:

- определение характеристик текущего состояния гидравлической системы;
- расчет численных значений параметров настройки САРД;
- проверка соответствия настройки САРД требованиям нормативно-технической документации (НТД), установленным для эксплуатации трубопровода.

Техническим результатом заявленного изобретения является обеспечение возможности автоматизации процесса настройки САРД, а также повышение точности и скорости регулирования давления перекачиваемой среды в трубопроводе.

Указанный технический результат достигается тем, что устройство для настройки системы автоматического регулирования давления (САРД) в магистральном

трубопроводе для перекачивания нефтепродуктов содержит: программно-технический комплекс (НТК) настройки САРД для определения значений параметров настройки САРД и проверки соответствия настройки САРД установленным требованиям эксплуатации трубопровода, причем ПТК содержит средства для подключения к САРД, содержащей программируемый логический контроллер (ПЛК), преобразователь частоты (ПЧ) и электропривод заслонки, состоящий из двигателя, редуктора и блока управления электроприводом, выполненный с возможностью регулирования степени закрытия заслонки, при этом САРД выполнена с возможностью подачи управляющего сигнала на электропривод заслонки для регулирования степени ее закрытия, определяющей значение давления перекачиваемых нефтепродуктов в магистральном трубопроводе, САРД и ПТК имеют средства для измерения степени закрытия заслонки и величин давления перекачиваемых нефтепродуктов в магистральном трубопроводе до и после заслонки, ПТК выполнен с возможностью настройки коэффициентов инкрементного пропорционально-дифференциального регулятора (ПД-регулятора), а также параметров, учитывающих несимметричность регулирования закрытия заслонки, нелинейность изменения давления при изменении степени закрытия заслонки, импульсное воздействие на заслонку при отсутствии изменения давления для устранения статического рассогласования между уставкой и текущим значением давления, причем ПТК содержит блок хранения паспортных данных магистрального трубопровода, выполненный с возможностью записи паспортных данных магистрального трубопровода, соответствующих установленным требованиям его эксплуатации, блок хранения экспериментальных данных, выполненный с возможностью записи измеренных данных о степени закрытия заслонки, величинах давления перекачиваемых нефтепродуктов в магистральном трубопроводе до и после заслонки и данных об изменении давления от начала наблюдений до установления постоянного давления в магистральном трубопроводе до и после заслонки, блок выделения переходных процессов в магистральном трубопроводе, определяющий участки переходных процессов изменения давления перекачиваемых нефтепродуктов в магистральном трубопроводе, блок хранения данных переходных процессов, выполненный с возможностью записи измеренных данных участков переходных процессов, блок сравнения, выполненный с возможностью получения данных из блока хранения данных переходных процессов и блока хранения паспортных данных магистрального трубопровода, сравнения измеренных данных участков переходных процессов в магистральном трубопроводе для начальных параметров настройки САРД с установленными требованиями эксплуатации магистрального трубопровода и принятия решения о необходимости проведения повторного цикла настройки САРД в случае несоответствия экспериментальных данных установленным требованиям эксплуатации магистрального трубопровода, блок обработки данных, выполненный с возможностью получения данных из блока хранения паспортных данных магистрального трубопровода, блока хранения экспериментальных данных и блока хранения данных переходных процессов, получения начальных параметров настройки САРД, обработки полученных данных и формирования рекомендуемых параметров настройки САРД, причем ПЛК САРД и ПТК настройки САРД содержит средства для получения рекомендуемых параметров настройки САРД и запуска повторного цикла настройки САРД для нахождения параметров настройки САРД, при которых соблюдаются установленные требования эксплуатации трубопровода.

Кроме того, технический результат заявленного изобретения достигается за счет того, что в способ настройки системы автоматического регулирования давления в

магистральном трубопроводе для перекачивания нефтепродуктов с использованием устройства по п. 1 содержится этап сбора данных, на котором вводят в блок хранения паспортных данных магистрального трубопровода паспортные данные магистрального трубопровода, соответствующие установленным требованиям его эксплуатации, выбирают начальные параметры настройки САРД, включающие в себя коэффициенты инкрементного пропорционально-дифференциального регулятора, а также параметры, учитывающие несимметричность регулирования закрытия заслонки, нелинейность изменения давления при изменении степени закрытия заслонки, импульсное воздействия на заслонку при отсутствии изменения давления для устранения статического рассогласования между уставкой и текущим значением давления, подключают программно-технический комплекс (ПТК) настройки САРД к САРД, измеряют степень закрытия заслонки, величины давления перекачиваемых нефтепродуктов в магистральном трубопроводе до и после заслонки во время работы САРД, затем измеренные степень закрытия заслонки, величины давления перекачиваемых нефтепродуктов в магистральном трубопроводе до и после заслонки и данные об изменении давления от начала наблюдений до установления постоянного давления в магистральном трубопроводе до и после заслонки записывают в блок хранения экспериментальных данных, после этого определяют участки переходных процессов изменения давления перекачиваемых нефтепродуктов в магистральном трубопроводе и измеряют значения изменения давления на таких участках в блоке выделения переходных процессов в трубопроводе, и записывают измеренные данные участков переходных процессов в блок хранения данных переходных процессов, проводят этап обработки данных, на котором передают в блок сравнения данных данные из блока хранения данных переходных процессов и блока хранения паспортных данных магистрального трубопровода, сравнивают измеренные данные участков переходных процессов в магистральном трубопроводе для начальных параметров настройки САРД с установленными требованиями его эксплуатации, после чего принимают решение о необходимости проведения повторного цикла настройки САРД в случае несоответствия экспериментальных данных установленным требованиям эксплуатации магистрального трубопровода, передают в блок обработки данных данные из блока хранения паспортных данных магистрального трубопровода, блока хранения экспериментальных данных и блока хранения данных переходных процессов, начальные параметры настройки САРД, обрабатывают полученные данные и формируют рекомендуемые параметры настройки СА и проводят этап проверки данных, на котором передают рекомендуемые параметры настройки САРД в ПЛК САРД и ПТК настройки САРД и запускают повторный цикл настройки САРД для нахождения параметров настройки САРД, при которых будут соблюдаться установленные требования эксплуатации магистрального трубопровода.

Заявленное изобретение поясняется чертежами:

Фиг. 1 - технологическая схема процесса регулирования давления в магистральном трубопроводе для перекачивания нефтепродуктов;

Фиг. 2 - блок-схема процесса настройки САРД.

Обозначения, указанные на чертежах, показаны следующими позициями:

- 1 - система автоматического регулирования давления (САРД);
- 2 - магистральная насосная станция (МНС);
- 3 - нефтеперекачивающая станция (НПС);
- 4 - магистральные насосные агрегаты (МНА);
- 5 - программируемый логический контроллер (ПЛК);

- 6 - преобразователь частоты (ПЧ);
- 7 - заслонка;
- 8 - электропривод заслонки;
- 9 - двигатель электропривода заслонки;
- 5 10 - редуктор электропривода заслонки;
- 11 - блок управления электроприводом;
- 12 - узел регулирования давления (УРД);
- 13 - программно-технический комплекс (ПТК) настройки САРД;
- 14 - блок хранения паспортных данных;
- 10 15 - блок хранения экспериментальных данных;
- 16 - блок выделения переходных процессов;
- 17 - блок хранения данных переходных процессов;
- 18 - блок сравнения;
- 19 - блок обработки данных.

15 На фиг. 1 показана технологическая схема процесса регулирования давления в магистральном трубопроводе для перекачивания нефтепродуктов. Система автоматического регулирования давления 1 (САРД), настройка параметров которой осуществляется в соответствии с заявленным изобретением, предназначена для поддержания давления на входе магистральной насосной станции 2 (МНС) не менее
 20 установленного значения и давления на выходе нефтеперекачивающей станции 3 (НПС) не более установленного значения, а также для снижения нагрузки на электродвигатели магистральных насосных агрегатов 4 (МНА) при пусках.

В состав САРД 1 входят программируемый логический контроллер 5 (ПЛК), преобразователь частоты 6 (ПЧ) и электропривод 8 заслонки, который состоит из
 25 двигателя 9, редуктора 10, блока управления электроприводом 11 и датчика положения заслонки (не показан). Регулирование осуществляется с помощью поворотной заслонки 7, установленной в узле регулирования давления 12 (УРД) на выходе МНС 2. Электропривод 8 с частотным регулированием осуществляет управление поворотом заслонки 7. САРД 1 имеет возможность подавать управляющий сигнал на
 30 преобразователь частоты 6, который осуществляет управление электроприводом 8 заслонки путем изменения частоты вращения электропривода 8 для регулирования степени закрытия заслонки 7, которая определяет значение давления перекачиваемой среды в трубопроводе. Электропривод 8 оснащен блоком управления 11 и датчиком положения заслонки, линейно преобразующим положение заслонки 0-100% степени
 35 закрытия в выходной токовый сигнал 4-20 мА.

В каждом цикле регулирования САРД текущее значение параметра регулирования в технических единицах сравнивается с уставкой, заданной, также, в технических единицах. В результате формируется сигнал ошибки. Ошибки разных контуров приводятся к одинаковому формату нормирующим звеном. Коэффициенты П-регулятора
 40 определяют скорость и направление перемещения заслонки 7 в зависимости от величины и знака сигнала ошибки. Коэффициенты Д-регулятора корректируют значение сигнала ошибки в зависимости от скорости изменения параметров регулирования САРД. При отсутствии изменения давления для устранения статического рассогласования между уставкой и текущим значением давления вместо интегрального звена в «классическом»
 45 ПИД-регуляторе включается импульсное воздействие на регулируемую заслонку 7. Данный режим позволяет снизить влияние инерционности системы и уменьшить чувствительность регулятора к небольшим волнам давления. Интервал между циклами регулирования устанавливается в настройках САРД.

Формирователь выходного сигнала в ПЛК 5 преобразовывает текущее значение ошибки в пропорциональный ему выходной токовый сигнал 4-20 мА. Далее этот сигнал поступает на ПЧ 6, который формирует напряжение питания ≈ 380 В, $f = \pm(f_{\min} \dots f_{\max})$ Гц для электропривода 8 заслонки. Знак частоты питающего напряжения определяет направление вращения двигателя 9 и заслонки 7.

Заявленное устройство настройки САРД содержит программно-технический комплекс 13 (ПТК) настройки САРД, имеющий средства для подключения к САРД 1, который определяет значения параметров настройки САРД и проверяет соответствие настройки САРД установленным требованиям нормативно-технической документации (НТД) эксплуатации трубопровода. САРД 1 и ПТК 13 имеют средства для измерения степени закрытия заслонки 7 и величин давления перекачиваемой среды в трубопроводе до и после заслонки 7. Указанные требования эксплуатации трубопровода включают следующее:

- точность поддержания усредненного значения давления относительно уставки регулирования во время установившегося режима работы трубопровода должна быть не менее $\pm 0,02$ МПа;

- параметры настройки и технические характеристики оборудования САРД МНС 2 в случае остановки одного МНА 4 на последующей по потоку перекачиваемой среды НПС 3 или пуска одного МНА 4 на предыдущей по потоку перекачиваемой среды НПС 3 должны обеспечивать отклонение давления от заданной величины уставки на выходе НПС 3 на величину, не превышающую 4% от допустимого рабочего давления на выходе НПС 3.

Параметры настройки САРД включают в себя коэффициенты пропорционально-дифференциального регулятора (ПД-регулятора): коэффициенты пропорционального звена регулятора (П-регулятора) и коэффициенты дифференциального звена регулятора (Д-регулятора). Коэффициенты П-регулятора определяют скорость и направление перемещения заслонки в зависимости от величины и знака сигнала ошибки. Сигнал ошибки представляет собой разность текущих параметров регулирования САРД и уставки. Коэффициенты Д-регулятора корректируют значение сигнала ошибки в зависимости от скорости изменения параметров регулирования САРД.

Кроме того, параметры настройки САРД включают параметры, учитывающие несимметричность регулирования закрытия заслонки, нелинейность изменения давления при изменении степени закрытия заслонки, возможность импульсного воздействия на заслонку 7 при отсутствии изменения давления для устранения статического рассогласования между уставкой и текущим значением давления, и параметры, обеспечивающие защиту технологического оборудования при достижении определенных значений давления перекачиваемой среды в трубопроводе.

На фиг. 2 показана блок-схема процесса настройки САРД. ПТК 13 содержит блок хранения паспортных данных 14 трубопроводной системы, блок хранения экспериментальных данных 15, блок выделения переходных процессов 16 в трубопроводе, блок хранения данных переходных процессов 17, блок сравнения 18 и блок обработки данных 19.

Блок хранения паспортных данных 14 трубопроводной системы записывает паспортные данные трубопроводной системы, соответствующие установленным требованиям эксплуатации трубопровода. Указанные паспортные данные трубопроводной системы включают следующие параметры:

- минимальное рабочее давление на входе НПС 3;
- допустимое рабочее давление на выходе НПС 3;

- максимальное допустимое давление в коллекторе;
- максимальный допустимый перепад давления на заслонке 7;
- время движения заслонки 7 между крайними положениями с максимальной возможной скоростью;

5 - длительность цикла регулирования САРД.

Блок хранения экспериментальных данных 15 записывает измеренные данные о степени закрытия заслонки, величинах давления перекачиваемой среды в трубопроводе до и после заслонки 7, и данные об изменении давления от начала наблюдений до установления постоянного давления в трубопроводе до и после заслонки 7.

10 Блок выделения переходных процессов 16 в трубопроводе предназначен для определения участков переходных процессов изменения давления перекачиваемой среды в трубопроводе.

Блок хранения данных переходных процессов 17 записывает измеренные данные участков переходных процессов.

15 Блок сравнения 18 предназначен для получения данных из блока хранения данных переходных процессов 16 и блока хранения паспортных данных 14 трубопроводной системы и сравнения измеренных данных участков переходных процессов в трубопроводе для начальных параметров настройки САРД с установленными требованиями эксплуатации трубопровода. В случае несоответствия экспериментальных
20 данных установленным требованиям эксплуатации трубопровода в блоке сравнения формируется решение о необходимости проведения повторного цикла настройки САРД.

Блок обработки данных 19 получает данные из блока хранения паспортных данных 14 трубопроводной системы, блока хранения экспериментальных данных 15 и блока хранения данных переходных процессов 17, получает начальные параметры настройки
25 САРД, обрабатывает полученные данные и формирует рекомендуемые параметры настройки САРД.

ПЛК 5 САРД и ПТК 13 настройки САРД имеют средства для получения рекомендуемых параметров настройки САРД и запуска повторного цикла настройки САРД для нахождения параметров настройки САРД, при которых будут соблюдаться
30 установленные требования эксплуатации трубопровода.

Особенностью заявленного изобретения является использование в настраиваемой САРД 1 инкрементного ПД-регулятора в совокупности с дополнительными параметрами, учитывающими несимметричность регулирования закрытия заслонки, нелинейность изменения давления, возможность импульсного воздействия на заслонку
35 7 и обеспечение защиты технологического оборудования. Главным недостатком «классического» пропорционально-дифференциального-интегрального регулятора (ПИД-регулятора) является то, что алгоритм регулирования может обеспечить оптимальное качество регулирования только при одном режиме работы трубопровода или узком диапазоне режимов транспортирования перекачиваемой среды. При
40 существенном изменении режимов транспортировки в трубопроводе (производительности, вязкости перекачиваемой среды), как правило, необходима перенастройка такого ПИД-регулятора. В то же время, реакция САРД 1 должна изменяться в соответствии с имеющимися на данный момент характеристиками нефтепровода и текущими параметрами настройки САРД, что позволяет
45 минимизировать перерегулирование и сократить время переходного процесса.

Преимуществом заявленного способа настройки САРД является возможность работы в широком диапазоне режимов работы магистрального нефтепровода без «ручной» перенастройки параметров регулирования. В общем виде алгоритм регулирования

давления в трубопроводе не отличается от традиционно используемого в ПИД-регуляторе:

- в каждом цикле регулирования текущее значение параметра регулирования сравнивается с уставкой по входному и выходному давлению. В результате формируется сигнал ошибки;

- величина сигнала ошибки пропорционально определяет скорость движения заслонки, а знак сигнала ошибки - направление движения (П-регулирование). Величина сигнала ошибки корректируется в зависимости от скорости изменения регулируемого параметра (Д-регулирование).

Отличием процесса настройки САРД, применяемого в заявленном изобретении, от настройки «классического» ПИД-регулятора является то, что после расчета воздействия по коэффициентам П- и Д-регулирования (классическим способом) ПД-регулятор постоянно ограничивают внешними факторами по следующим критериям:

а) несимметричность регулирования: закрытие и открытие регулирующей заслонки 7 ведется по разным наборам пропорционально-дифференциальных (ТТД) коэффициентов, кроме того, зоны нечувствительности регуляторов также несимметричны;

б) компенсация нелинейности: в зависимости от перепада давления на регулирующей заслонке 7 производится динамическое изменение коэффициентов ПД-регулятора;

в) импульсный механизм воздействия на регулирующую заслонку 7: при отсутствии изменения давления для устранения статического рассогласования между уставкой и текущим значением давления вместо интегрального звена в «классическом» ПИД-регуляторе включается импульсное воздействие на регулирующую заслонку 7. Данный режим позволяет снизить влияние инерционности системы и уменьшить чувствительность регулятора к небольшим волнам давления;

г) использование отдельных инкрементных ПД-регуляторов с доминированием процесса закрытия заслонки до и после регулятора для обеспечения одновременного регулирования давлений в трубопроводе. Наличие двух регуляторов позволяет осуществить плавный переход регулирования с одного давления на другое в случае необходимости;

д) закрытие регулятором исполнительных механизмов с максимальной скоростью при достижении определенных величин регулируемых давлений для реализации функций защиты оборудования, если это не приводит к иным опасным последствиям, таким как превышение максимального давления в коллекторе, перепад давления на заслонке, достижение крайних положений электропривода 8 заслонки.

Несимметричность регулирования закрытия заслонки обеспечивается учетом ряда параметров настройки САРД:

1) при необходимости закрытия (открытия) заслонки, т.е. при положительной (отрицательной) ошибке регулирования, используется зона закрытия (открытия) по входу - коэффициент регулятора давления на входе МНС 2, обратное значение коэффициента пропорциональности регулятора. Чем больше зона закрытия (открытия), тем большая ошибка регулирования требуется для достижения максимальной скорости заслонки. Раздельные зоны открытия/закрытия используются для того, чтобы заслонка быстро закрывалась, но медленно открывалась. Это снижает риск автоколебаний регулятора и позволяет, с одной стороны, быстро предотвращать падение давления на входе МНС 2, с другой - плавно выходить на уставку сверху (т.е. понижать давление до уставки). Поэтому зона открытия регулятора всегда больше зоны закрытия.

2) для предотвращения постоянного «подрегулирования» заслонки при приближении

давления на входе МНС 2 к уставке сверху (снизу) используется зона нечувствительности над (под) уставкой по входу, которая задает интервал давления на входе МНС 2, в котором не работает ПД-регулирование регулятора давления по входу МНС 2. Обычно эта уставка равна нулю или очень мала, чтобы регулятор поддерживал давление не

5

ниже уставки.
3) для уменьшения вероятности повреждения запорной арматуры и концевых выключателей используется зона ограничения скорости при открытии (закрытии) заслонки менее (более) указанного процента закрытия, скорость движения заслонки принудительно ограничивается указанным значением.

10

Компенсация нелинейности изменения давления при изменении степени закрытия заслонки обеспечивается следующими параметрами настройки САРД:

15

1) для вычисления коэффициента демпфирования по проценту закрытия заслонки используются максимальное и минимальное положение для коэффициента скорости движения заслонки. В автоматическом режиме по давлению используется максимально закрытая заслонка. Коэффициент максимальной скорости открытия заслонки ограничивает максимальную скорость открытия заслонки в автоматических режимах по давлению.

20

2) при наличии информации о числе работающих МНА 4 используются коэффициенты зон для МНА - коэффициенты демпфирования для разного количества работающих МНА 4. Чем больше коэффициент, тем медленнее реакция регулятора на отклонение давления от уставки. При отсутствии информации применяется коэффициент 1.0.

25

3) зона интегрирования по входу задает минимальную ошибку регулирования, ниже которой отключается импульсное управление заслонкой, т.к. отключается интегральное звено регулятора.

4) при вычислениях регулирующего воздействия производится коррекция по датчику положения коэффициентом демпфирования по проценту закрытия заслонки. Значение предварительно рассчитанного задания скорости движения заслонки умножается на коэффициент демпфирования по положению.

30

5) при превышении максимального давления в коллекторе МНС 2 производится коррекция по давлению в коллекторе - разрешается снижение задания скорости движения заслонок.

35

6) зона регулирования положения - коэффициент ПД-регулятора положения заслонки. Это обратное значение коэффициента пропорциональности регулятора, чем больше зона регулирования, тем большая ошибка регулирования требуется для достижения максимальной скорости заслонки.

7) для предотвращения постоянного «подрегулирования» заслонки при приближении к уставке используется «мертвая зона» положения, которая задает интервал положения заслонки, в котором не работает П-регулирование положения.

40

8) для уменьшения зоны дросселирования с целью повышения быстродействия регулятора используется минимальное положение заслонки при регулировании - минимальный процент закрытия заслонки при регулировании давления.

9) для предотвращения полного закрытия регулирующей заслонки 8 используется максимальное положение заслонки при регулировании - максимальный процент закрытия заслонки при регулировании давления.

45

10) для уменьшения вероятности повреждения запорной арматуры и концевых выключателей используется зона ограничения скорости при открытии (закрытии), в которой при открытии (закрытии) заслонки менее (более) определенного процента открытия (закрытия) скорость движения заслонки принудительно ограничивается.

Возможность импульсного воздействия на заслонку при отсутствии изменения давления для устранения статического рассогласования между уставкой и текущим значением давления обеспечивается учетом следующих параметров:

1) импульс интегрирования по давлению - величина задания скорости движения заслонки при работе интегрального звена регулятора. При наличии статической ошибки (рассогласования) и отсутствии изменения давления на выходе регулятора периодически вырабатываются импульсы фиксированной длительности и амплитуды. Это позволяет точнее держать заданную уставку по давлению, устранив влияние инерционности системы на процесс регулирования.

2) длительность импульса интегрирования по давлению - длительность выходного воздействия при работе интегрального звена регулятора.

3) для формирования импульсного воздействия на заслонку в зоне нечувствительности основного ПД-регулятора входного давления используется коэффициент интегрирования по входу. Чем больше коэффициент, тем быстрее накапливается ошибка и чаще следуют импульсы.

Использование отдельных инкрементных ПД-регуляторов с доминированием процесса закрытия заслонки до и после регулятора для обеспечения одновременного регулирования давлений в трубопроводе обеспечивается защитной уставкой входного давления - минимальным давлением при регулировании по входу. При давлении на входе МНС 2 ниже данной уставки регулятор давления отключается от управления заслонкой, на которую подается сигнал максимальной скорости закрытия. Исключения - превышение максимального давления в коллекторе, максимального перепада и неисправность одного из датчиков давления. Данный параметр применяется для возможности «мягкой» настройки регулятора давления, направленной на отсутствие перерегулирования и автоколебаний в обычном режиме работы. При этом защитная уставка позволяет уменьшить вероятность снижения давления ниже предельного минимума, если основной регулятор этого сделать не смог. Значение данной уставки следует выбирать в диапазоне между рабочей и предельной минимальной уставками входного давления.

Параметры, обеспечивающие защиту технологического оборудования при достижении определенных значений давления перекачиваемой среды в трубопроводе:

1) давление в коллекторе для ограничения скорости заслонки.

2) ограничение максимальной скорости заслонки при приближении к конечным выключателям. При достижении определенного давления в коллекторе МНС скорости движения заслонки во всех режимах управления с контроллера ограничиваются значением «Ограничение скорости заслонки при высоком давлении коллектора, заданным в «%» от максимальной скорости». Ограничение действует только на закрытие заслонки. Если требуемая скорость ниже указанного параметра, ограничение скорости не производится.

Заявленное устройство настройки САРД, реализующее заявленный способ настройки САРД, работает следующим образом.

На первом этапе - этапе сбора данных, в блок хранения паспортных данных 14 магистрального трубопровода для перекачивания нефтепродуктов вводят данные о минимальном рабочем давлении на входе НПС 3, допустимом рабочем давлении на выходе НПС 3, максимальном допустимом давлении в коллекторе, максимальном допустимом перепаде давления на заслонке 8, времени движения заслонки 8 между крайними положениями с максимальной возможной скоростью и длительностью цикла регулирования САРД.

Затем выбирают начальные параметры настройки САРД, включающие в себя коэффициенты инкрементного пропорционально-дифференциального регулятора (ПД-регулятора), а также параметры, учитывающие несимметричность регулирования закрытия заслонки, нелинейность изменения давления при изменении степени закрытия заслонки, возможность импульсного воздействия на заслонку при отсутствии изменения давления для устранения статического рассогласования между уставкой и текущим значением давления, и параметры, обеспечивающие защиту технологического оборудования при достижении определенных значений давления перекачиваемой среды в трубопроводе.

После этого подключают ПТК 13 настройки САРД к системе автоматического регулирования давления 1 перекачиваемой среды в трубопроводе. ПТК 13 имеет каналы измерения, которые электрически подключаются (параллельно) к тем же датчикам, по которым производит измерение САРД 1.

Во время работы САРД 1 (процесса регулирования) с помощью программного обеспечения «LGraph2» ПТК 13 измеряет физические величины (те же что и САРД): степень закрытия заслонки, величины давления перекачиваемой среды в трубопроводе до и после заслонки 8 и изменение давления от начала наблюдений до установления постоянного давления в трубопроводе до и после заслонки 8. Набирается объем данных, который называется «эксперимент». Затем происходит запись и архивация измеренных физических величин в блоке хранения экспериментальных данных 15.

Крайне важно выделить переходные процессы изменения давления перекачиваемой среды в трубопроводе. Участки переходных процессов выделяют с помощью визуального анализа изменения значений физических величин в блоке выделения переходных процессов 16, измеряют значения изменения давления на таких участках, и сохраняют измеренные данные участков переходных процессов как «участок» в блоке хранения данных переходных процессов 17. Чем больше переходных процессов будет собрано, тем объективнее будет результат анализа и расчетов.

На втором этапе - этапе обработки данных, загружают в блок сравнения данных 18 «участки» данных (переходные процессы в магистральном трубопроводе для перекачивания нефтепродуктов) и данные из блока хранения паспортных данных 14 трубопроводной системы. Затем с помощью программного обеспечения «SARD» в среде MATLAB сравнивают измеренные данные участков переходных процессов в трубопроводе для начальных параметров настройки САРД с установленными требованиями НТД эксплуатации трубопровода.

Если для всех выбранных переходных процессов критерии регулирования удовлетворяют требованиям НТД, то САРД 1 считается настроенной.

Если экспериментальные данные о переходных процессах не соответствуют требованиям НТД, принимают решение о необходимости проведения повторного цикла настройки САРД.

Передают в блок обработки данных 19 данные из блока хранения паспортных данных 14 трубопроводной системы, блока хранения экспериментальных данных 15 и блока хранения данных переходных процессов 17, начальные параметры настройки САРД.

Программное обеспечение «SARD» производит расчет и отображение значений рекомендуемых настроек параметров пропорционального, дифференциального и интегрального звена САРД, а также рекомендуемых параметров, учитывающих несимметричность регулирования закрытия заслонки, нелинейность изменения давления при изменении степени закрытия заслонки, возможность импульсного воздействия на заслонку при отсутствии изменения давления для устранения статического

рассогласования между уставкой и текущим значением давления, и параметры, обеспечивающие защиту технологического оборудования при достижении определенных значений давления перекачиваемой среды в магистральном трубопроводе для перекачивания нефтепродуктов.

5 На третьем этапе - этапе проверки данных рекомендованные значения параметров настроек вводятся в ПЛК 5 САРД и ПТК 13 настройки САРД. Запускают повторный цикл настройки САРД. Цикл настройки САРД включает в себя следующие операции: скачкообразное изменение уставок САРД по входному и выходному давлению; останов и пуск МНА 4 на предыдущей и следующей по потоку перекачиваемой жидкости НПС
10 3; оценку графиков переходных процессов в трубопроводе. Повторяют этапы 1 и 2 до тех пор, пока не будут найдены параметры настройки, при которых процесс регулирования САРД будет удовлетворять требованиям НТД эксплуатации магистрального трубопровода для перекачивания нефтепродуктов.

15 В результате обеспечивается возможность автоматизации процесса настройки САРД, и, кроме того, повышается точность и скорость регулирования давления перекачиваемой среды в магистральном трубопроводе для перекачивания нефтепродуктов.

Формула изобретения

1. Устройство для настройки системы автоматического регулирования давления
20 (САРД) в магистральном трубопроводе для перекачивания нефтепродуктов, содержащее:

- программно-технический комплекс (ПТК) настройки САРД для определения значений параметров настройки САРД и проверки соответствия настройки САРД установленным требованиям эксплуатации трубопровода,
- 25 - при этом ПТК содержит средства для подключения к САРД, содержащей программируемый логический контроллер (ПЛК), преобразователь частоты (ПЧ) и электропривод заслонки, состоящий из двигателя, редуктора и блока управления электроприводом, выполненный с возможностью регулирования степени закрытия заслонки, при этом САРД выполнена с возможностью подачи управляющего сигнала
30 на электропривод заслонки для регулирования степени ее закрытия, определяющей значение давления перекачиваемых нефтепродуктов в магистральном трубопроводе,
 - при этом САРД и ПТК имеют средства для измерения степени закрытия заслонки и величин давления перекачиваемых нефтепродуктов в магистральном трубопроводе до и после заслонки,
 - 35 - при этом ПТК выполнен с возможностью настройки коэффициентов инкрементного пропорционально-дифференциального регулятора (ПД-регулятора), а также параметров, учитывающих несимметричность регулирования закрытия заслонки, нелинейность изменения давления при изменении степени закрытия заслонки, импульсное воздействие на заслонку при отсутствии изменения давления для устранения статического
40 рассогласования между уставкой и текущим значением давления,
 - причем ПТК содержит:
 - блок хранения паспортных данных магистрального трубопровода, выполненный с возможностью записи паспортных данных магистрального трубопровода, соответствующих установленным требованиям его эксплуатации,
 - 45 - блок хранения экспериментальных данных, выполненный с возможностью записи измеренных данных о степени закрытия заслонки, величинах давления перекачиваемых нефтепродуктов в магистральном трубопроводе до и после заслонки и данных об изменении давления от начала наблюдений до установления постоянного давления в

магистральном трубопроводе до и после заслонки,

- блок выделения переходных процессов в магистральном трубопроводе, определяющий участки переходных процессов изменения давления перекачиваемых нефтепродуктов в магистральном трубопроводе,

5 - блок хранения данных переходных процессов, выполненный с возможностью записи измеренных данных участков переходных процессов,

- блок сравнения, выполненный с возможностью получения данных из блока хранения данных переходных процессов и блока хранения паспортных данных магистрального трубопровода, сравнения измеренных данных участков переходных процессов в магистральном трубопроводе для начальных параметров настройки САРД с установленными требованиями эксплуатации магистрального трубопровода и принятия решения о необходимости проведения повторного цикла настройки САРД в случае несоответствия экспериментальных данных установленным требованиям эксплуатации магистрального трубопровода,

15 - блок обработки данных, выполненный с возможностью получения данных из блока хранения паспортных данных магистрального трубопровода, блока хранения экспериментальных данных и блока хранения данных переходных процессов, получения начальных параметров настройки САРД, обработки полученных данных и формирования рекомендуемых параметров настройки САРД,

20 - при этом ПЛК САРД и ПТК настройки САРД содержит средства для получения рекомендуемых параметров настройки САРД и запуска повторного цикла настройки САРД для нахождения параметров настройки САРД, при которых соблюдаются установленные требования эксплуатации трубопровода.

2. Способ настройки системы автоматического регулирования давления в магистральном трубопроводе для перекачивания нефтепродуктов с использованием устройства по п. 1, характеризующийся этапом сбора данных, на котором:

- вводят в блок хранения паспортных данных магистрального трубопровода паспортные данные магистрального трубопровода, соответствующие установленным требованиям его эксплуатации,

30 - выбирают начальные параметры настройки САРД, включающие в себя коэффициенты инкрементного пропорционально-дифференциального регулятора, а также параметры, учитывающие несимметричность регулирования закрытия заслонки, нелинейность изменения давления при изменении степени закрытия заслонки, импульсное воздействие на заслонку при отсутствии изменения давления для устранения статического рассогласования между уставкой и текущим значением давления,

- подключают программно-технический комплекс (ПТК) настройки САРД к САРД, - измеряют степень закрытия заслонки, величины давления перекачиваемых нефтепродуктов в магистральном трубопроводе до и после заслонки во время работы САРД, затем измеренные степень закрытия заслонки, величины давления

40 перекачиваемых нефтепродуктов в магистральном трубопроводе до и после заслонки и данные об изменении давления от начала наблюдений до установления постоянного давления в магистральном трубопроводе до и после заслонки записывают в блок хранения экспериментальных данных, после этого определяют участки переходных процессов изменения давления перекачиваемых нефтепродуктов в магистральном трубопроводе и измеряют значения изменения давления на таких участках в блоке выделения переходных процессов в трубопроводе, и записывают измеренные данные участков переходных процессов в блок хранения данных переходных процессов,

- проводят этап обработки данных, на котором:

- передают в блок сравнения данных данные из блока хранения данных переходных процессов и блока хранения паспортных данных магистрального трубопровода, сравнивают измеренные данные участков переходных процессов в магистральном трубопроводе для начальных параметров настройки САРД с установленными требованиями его эксплуатации, после чего принимают решение о необходимости проведения повторного цикла настройки САРД в случае несоответствия экспериментальных данных установленным требованиям эксплуатации магистрального трубопровода,

- передают в блок обработки данных данные из блока хранения паспортных данных магистрального трубопровода, блока хранения экспериментальных данных и блока хранения данных переходных процессов, начальные параметры настройки САРД, обрабатывают полученные данные и формируют рекомендуемые параметры настройки САРД,

- и проводят этап проверки данных, на котором:
передают рекомендуемые параметры настройки САРД в ПЛК САРД и ПТК настройки САРД и запускают повторный цикл настройки САРД для нахождения параметров настройки САРД, при которых будут соблюдаться установленные требования эксплуатации магистрального трубопровода.

20

25

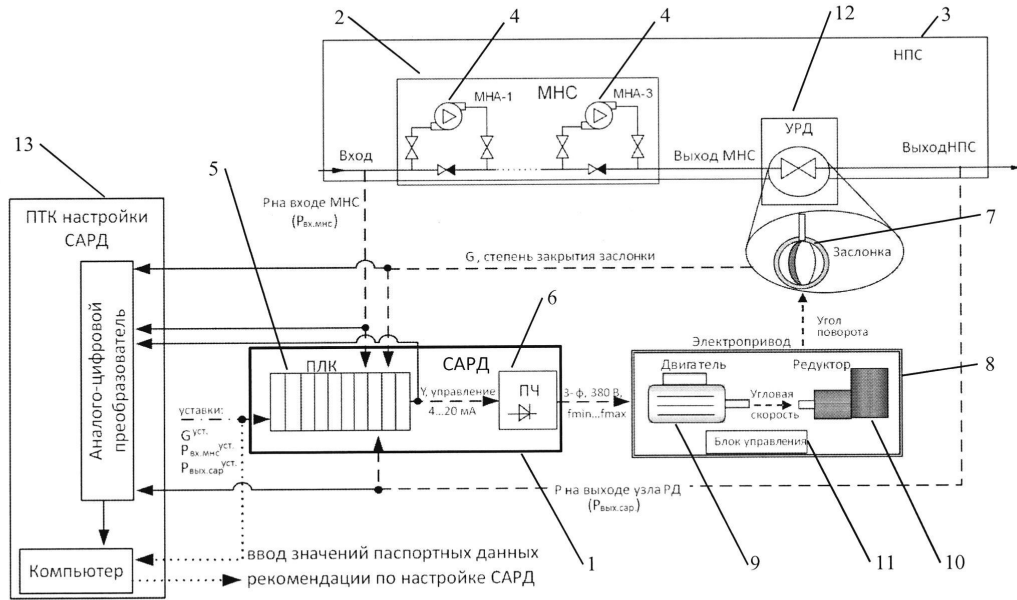
30

35

40

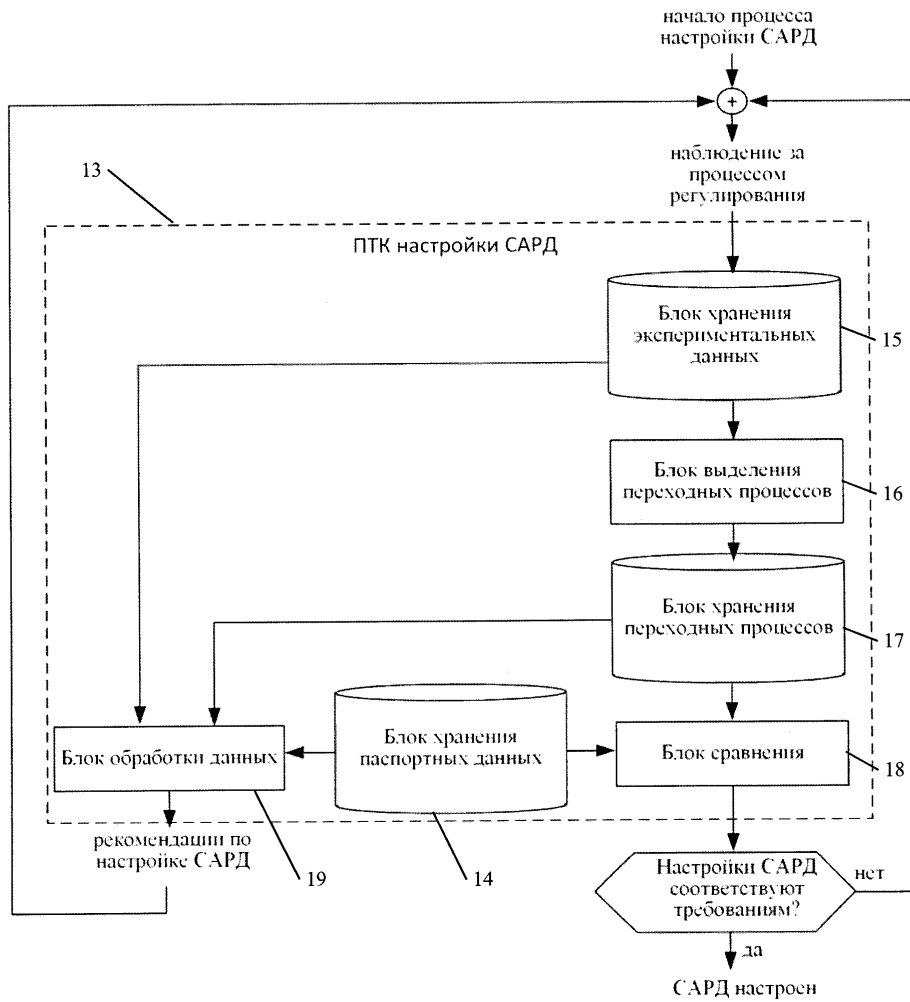
45

Способ и устройство настройки системы автоматического регулирования давления (САРД)



Фиг.1. Технологическая схема процесса регулирования давления в трубопроводе.

Способ и устройство настройки системы автоматического регулирования
давления (САРД)



Фиг.2. Блок-схема процесса настройки САРД.