



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

*G01K 13/02 (2021.05); G01K 13/026 (2021.05); G01K 7/42 (2021.05)*

(21)(22) Заявка: 2019131533, 28.02.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
28.02.2018Дата регистрации:  
23.11.2021

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
09.03.2017 DE 10 2017 203 925.6

(43) Дата публикации заявки: 10.04.2021 Бюл. № 10

(45) Опубликовано: 23.11.2021 Бюл. № 33

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 09.10.2019(86) Заявка РСТ:  
EP 2018/054886 (28.02.2018)(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2018/162289 (13.09.2018)Адрес для переписки:  
117292, Москва, ул. Профсоюзная, 5/9, кв. 274,  
Матвееву А.Г.

(72) Автор(ы):

**ЭКЛЬ Мартин (DE),  
ШУЛЛЕРЕР Йоахим (DE)**

(73) Патентообладатель(и):

**КСБ СЕ & КО. КГАА (DE)**(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: EP 2006545 B1, 09.06.2010. DE  
102008014085 A1, 17.09.2009. DE 102011077237  
A1, 13.12.2012. WO 2003081764 A1, 02.10.2003.  
US 20160252032 A1, 01.09.2016.

## (54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ В ЦИРКУЛЯЦИОННОМ НАСОСЕ, А ТАКЖЕ ЦИРКУЛЯЦИОННЫЙ НАСОС

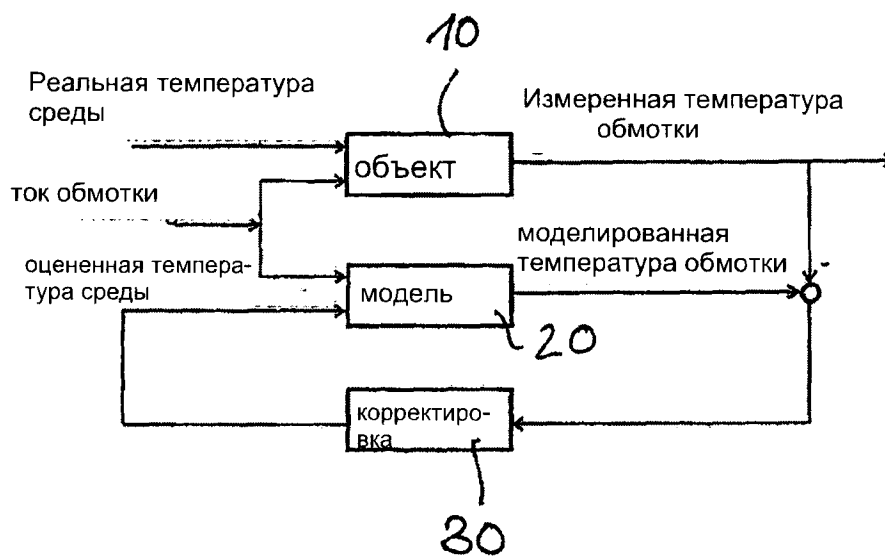
(57) Реферат:

Данное изобретение касается способа определения температуры перекачиваемой среды циркуляционного насоса, в частности циркуляционного насоса системы отопления с интегральным электрическим приводным агрегатом, причем температура рабочей среды определяется, соответственно, вычисляется на основе температуры обмотки электрического насосного агрегата и тока в обмотке. Согласно заявленному способу температуру рабочей среды определяют на основе температуры обмотки электрического насосного агрегата и тока,

протекающего в обмотке, причем температуру рабочей среды определяют по току в обмотке и по измеренной температуре обмотки при использовании наблюдателя, причем наблюдатель использует модель насоса для моделирования работы насоса, которая в зависимости от оцененной температуры рабочей среды и тока в обмотке выдает смоделированную температуру обмотки, причем наблюдатель для корректировки оцененной температуры рабочей среды по разности смоделированной и измеренной температур обмотки определяет поправочный

коэффициент, который возвращается в модель насоса. Также предложен циркуляционный насос и способ определения параметров

циркуляционного насоса. Технический результат – повышение информативности получаемых данных. 4 н. и 6 з.п. ф-лы, 3 ил.



Фиг. 2

RU 2760251 C2

RU 2760251 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*G01K 13/02 (2021.05); G01K 13/026 (2021.05); G01K 7/42 (2021.05)*(21)(22) Application: **2019131533, 28.02.2018**(24) Effective date for property rights:  
**28.02.2018**Registration date:  
**23.11.2021**

Priority:

(30) Convention priority:  
**09.03.2017 DE 10 2017 203 925.6**(43) Application published: **10.04.2021 Bull. № 10**(45) Date of publication: **23.11.2021 Bull. № 33**(85) Commencement of national phase: **09.10.2019**(86) PCT application:  
**EP 2018/054886 (28.02.2018)**(87) PCT publication:  
**WO 2018/162289 (13.09.2018)**

Mail address:

**117292, Moskva, ul. Profsoyuznaya, 5/9, kv. 274,  
Matveevu A.G.**

(72) Inventor(s):

**EKL Martin (DE),  
SHULLERER Joakhim (DE)**

(73) Proprietor(s):

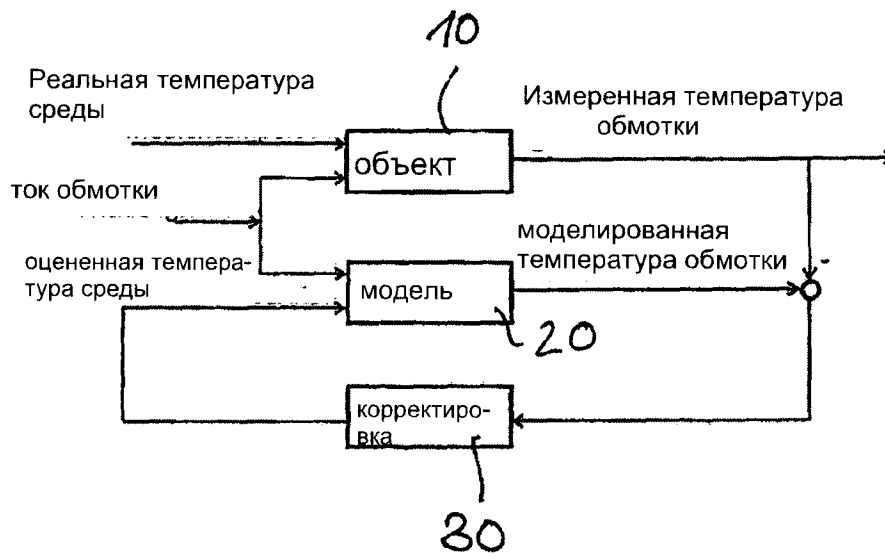
**KSB SE & CO. KGAA (DE)**(54) **METHOD FOR DETERMINING WORKING MEDIUM TEMPERATURE IN CIRCULATION PUMP, AS WELL AS CIRCULATION PUMP**

(57) Abstract:

FIELD: electrical engineering.

SUBSTANCE: this invention concerns a method for determining a temperature of a pumped medium of a circulation pump, in particular a circulation pump of a heating system with an integrated electric drive unit, wherein the temperature of a working medium is determined, respectively, calculated based on a temperature of winding of an electric pumping unit and current in winding. According to the claimed method, the temperature of the working medium is determined based on the temperature of winding of the electric pumping unit and current flowing in winding, wherein the temperature of the working medium is determined

by current in winding and by the measured temperature of winding, when using an observer, wherein the observer uses a pump model to simulate the operation of a pump, which, depending on the estimated temperature of the working medium and current in winding, outputs a simulated temperature of winding, wherein, in order to adjust the estimated temperature of the working medium by the difference between simulated and measured temperatures of winding, the observer determines a correction coefficient, which is returned to the pump model. A circulation pump and a method for determining parameters of a circulation pump are also proposed.



Фиг. 2

RU 2760251 C2

RU 2760251 C2

Данное изобретение касается способа определения температуры перекачиваемой среды циркуляционного насоса, в частности циркуляционного насоса системы отопления с интегральным электрическим приводным агрегатом. Кроме того, данное изобретение касается соответствующего циркуляционного насоса для осуществления этого способа.

5 Циркуляционные насосы, в частности, циркуляционные насосы систем отопления служат для рециркуляции воды системы отопления внутри нагревательного контура. В центре внимания таких систем отопления всегда находится вопрос их энергосбережения. В качестве оправдавшего себя средства для энергосбережения утвердилось так называемое ночное снижение температуры подаваемого теплоносителя. 10 Желательно привязывать мощность циркуляционного насоса к этому ночному снижению, чтобы добиться энергосбережения и для насоса путем снижения мощности. Однако, для циркуляционного насоса необходима также информация о текущем отопительном режиме, т.е. является ли ночное снижение активным.

Одна возможность состоит в том, чтобы идентифицировать активацию ночного 15 снижения на основании измеренной температуры рабочей среды. В уровне техники это уже практикуется с помощью соответствующих датчиков температуры, которые интегрируются в циркуляционный насос и сообщают системе управления насосом текущее значение температуры рабочей среды. Интеграция дополнительного датчика температуры означает, однако, увеличение конструктивных затрат и, тем самым, 20 связанный с ними рост производственных расходов. Однако, информация о температуре рабочей среды интересна не только с точки зрения ночного снижения. Сведения о температуре среды могут быть интересны и для регулировки с контролем температуры, и обнаружения известковых отложений.

Из документа EP 2006545 A1 известен способ определения температуры рабочей 25 среды циркуляционного насоса указанного вначале рода.

В связи с вышеизложенным в настоящее время ведутся поиски альтернативной возможности измерения температуры рабочей среды.

Эта задача решается посредством способа с признаками независимого пункта 1 30 формулы изобретения. Предпочтительные варианты осуществления способа являются предметом зависимых пунктов.

Согласно изобретению, предлагается определять, 35 соответственно, вычислять температуру рабочей среды на основе температуры по меньшей мере одной обмотки двигателя электрического насосного агрегата, в частности, на основе изменения во времени температуры обмотки привода насоса. Помимо этого, для вычисления/определения дополнительно учитывается текущее значение тока в 40 обмотке, причем температуру рабочей среды определяют по току в обмотке и по измеренной температуре обмотки при использовании наблюдателя. Согласно изобретению, модель насоса наблюдателя моделирует взаимосвязь между током в обмотке, температурой обмотки и температурой рабочей среды посредством по меньшей мере двух фильтров низких частот первого порядка.

Таким образом, данный способ не нуждается в дополнительном датчике температуры для определения температуры рабочей среды, но вместо этого обходится уже имеющимися компонентами циркуляционного насоса. Указанный циркуляционный насос обычно является центробежным насосом.

45 Отправной точкой изобретения являются следующие физические данные. Температура обмоток электродвигателя физически представляет собой аккумулятор энергии. Ток в обмотке вследствие потерь в меди приводит к нагреву обмоток. Вследствие конструктивного осуществления таких циркуляционных насосов как циркуляционных

насосов с «мокрым» ротором перекачиваемая среда циркуляционного насоса тоже оказывает влияние на температуру обмоток насосного агрегата. Как правило рабочая среда оказывает охлаждающее действие на обмотки, однако, в исключительных случаях может иметь место и нагревающее действие. При условии, что известны как данная температура обмотки, так и ток в обмотке, можно определить влияние температуры рабочей среды и, тем самым, саму температуру рабочей среды.

Фактическая температура обмотки двигателя в идеале измеряется непосредственно, в частности, посредством интегрального датчика циркуляционного насоса. К тому же, температура обмотки могла бы выводиться и из других, подходящих измеренных значений. Простоты ради в дальнейшем речь всегда идет об измерении температуры обмотки, даже если эта температура обмотки выводится из подходящих измеренных величин.

Согласно изобретению, для вычисления температуры рабочей среды опираются на функцию наблюдателя, который по току в обмотке и температуре обмотки определяет соответствующую температуру рабочей среды. При этом наблюдатель использует модель насоса для моделирования поведения насоса, причем здесь в качестве входных параметров служат ток в обмотке и оцененная температура рабочей среды. На основе этих входных параметров указанная модель выдает смоделированную температуру обмотки. Функция наблюдателя реализуется внутри системы управления циркуляционным насосом.

Далее, наблюдатель может определить разность между смодулированной и измеренной температурой обмотки, чтобы на основе этого произвести корректировку оцененной температуры рабочей среды. Согласно изобретению, на основе разности определяется поправочный коэффициент, который подается на используемую наблюдателем модель насоса.

Поскольку наблюдатель при приеме в эксплуатацию не знает реальную температуру рабочей среды, то разность между измеренной и смодулированной температурой обмотки сначала велика, однако, с помощью корректирующей обратной связи она быстро сводится к нулю, предпочтительно по методу наименьших квадратов. Поскольку выход корректирующего блока следует за реальной температурой рабочей среды с коротким временным сдвигом, то у системы управления насосом через короткое время в распоряжении оказывается почти точная температура рабочей среды.

Согласно одному особенно предпочтительному варианту осуществления изобретения, физическая взаимосвязь между током в обмотке, температурой обмотки и температурой рабочей среды математически описывается внутри модели насоса наблюдателя посредством по меньшей мере двух фильтров низких частот, предпочтительно фильтров низких частот первого порядка.

Оба фильтра низких частот имеют общий аккумулятор энергии в форме обмоток двигателя.

В частности, первый фильтр низких частот характеризуется статическим усилением  $K_1$  и временной константой  $T_1$ , и моделирует взаимосвязь между током в обмотке и температурой обмотки.

Влияние рабочей среды на температуру обмотки, напротив, моделируется посредством другого, второго фильтра низких частот со статическим усилением  $K_2$  и временной константой  $T_2$ , т.е. он определяет взаимосвязь между температурой обмотки и разностью между температурой рабочей среды и температурой обмотки. Поскольку на эту взаимосвязь к тому же можно влиять посредством скорости протекания рабочей

среды через циркуляционный насос, то является особенно полезным, если фильтр низких частот специально определяется в зависимости от скорости протекания, предпочтительно путем выбора индивидуальных параметров  $K_2$  и  $T_2$  в зависимости от скорости протекания.

5 Особенно предпочтительно, в связи с этим, если внутри системы управления насосом доступны соответствующие параметры, например, сохранены в виде таблиц, чтобы гарантировать однозначную привязку параметров  $K_2$ ,  $T_2$  к различным значениям скорости протекания. Указанная система управления насосом тогда может при работе насоса находить и использовать подходящие параметры в зависимости от скорости протекания для бессенсорного определения температуры рабочей среды.

10 Согласно одной модификации данного способа определенная температура рабочей среды используется для того, чтобы идентифицировать в насосе активированное ночное снижение температуры системы отопления. Возможно также на основе определяемой температуры рабочей среды использовать регулировку с контролем температуры для управления частотой вращения насоса. Далее, установленная температура рабочей среды могла бы использоваться для того, чтобы внутри системы управления насосом реализовать обнаружение известковых отложений. В принципе данный способ является предпочтительным для любого применения, которое требует информации о текущем значении температуры рабочей среды.

15 Помимо предлагаемого изобретением способа данное изобретение касается также циркуляционного насоса, в частности, циркуляционного насоса системы отопления с системой управления насосом для осуществления предлагаемого изобретением способа. Соответственно с этим для предлагаемого изобретением циркуляционного насоса действительны те же преимущества и свойства, которые подробно разъяснялись выше в связи с предлагаемым изобретением способом. По этой причине заявитель здесь опускает их повторное описание.

20 Указанный циркуляционный насос обычно представляет собой центробежный насос. Особенно предпочтительно этот циркуляционный насос содержит по меньшей мере один сенсор для измерения температуры обмотки его электрического приводного агрегата. Кроме того, этот циркуляционный насос не предусматривает никакого отдельного сенсора для измерения температуры рабочей среды, но вместо этого она вычисляется с помощью предлагаемого изобретением способом.

30 Известные параметры для математических взаимосвязей вышеописанных параметров насоса могут быть определены, например, математически на основе характеристик материала, а также геометрии двигателя и конструкции насоса. Наиболее подходящим, однако, является метрологическое параметрирование. Ниже будут описаны два являющихся предметом изобретения способа метрологического параметрирования параметров  $K_1$ ,  $T_1$ , а также  $K_2$ ,  $T_2$ , опционально необходимых для осуществления вышеописанного способа.

40 Для определения названных первыми параметров  $K_1$ ,  $T_1$  предлагаемый изобретением циркуляционный насос сначала эксплуатируется на испытательном стенде при постоянной температуре рабочей среды. Приводной агрегат последовательно запитывается различными токами в обмотках, и записывается результирующая реакция на ступенчатое воздействие температуры обмотки. На основании различных форм этих кривых могут вырабатываться индивидуальные временные константы и статические усиления для определения фильтров низких частот первого порядка. Поскольку в случае фильтра низких частот речь идет о линейной системе, то путем усреднения определенных

по формам кривых различных значений временных констант ( $T$ ), как и значений усиления ( $K$ ) может быть определено универсальное значение для этих параметров  $K_1$  и  $T_1$ .

5 Далее, данная заявка касается способа определения параметров  $K_2$  и  $T_2$  для циркуляционного насоса. При этом на испытательном стенде этот циркуляционный насос эксплуатируется при постоянном токе в обмотке с различными температурами рабочей среды. По определяемой реакции на ступенчатое воздействие измеренной  
10 температуры обмотки тоже можно определять параметры для временной константы  $T_2$  и статического усиления  $K_2$ . Вследствие возможного влияния скорости протекания при этом в идеале для различных скоростей протекания определяются индивидуальные значения для  $T_2$  и  $K_2$ .

Другие преимущества и свойства изобретения в дальнейшем будут разъяснены подробнее на представленном на чертежах примере выполнения. На чертежах  
15 представлено следующее:

Фиг. 1: блок-схема для разъяснения взаимосвязи между температурой рабочей среды, током в обмотке и температурой обмотки,

Фиг. 2: блок-схема для разъяснения структуры наблюдателя, реализуемой в системе управления насосом, и

20 Фиг. 3: диаграмма изменения во времени температуры обмотки с несколькими приведенными в качестве примера реакциями на ступенчатые воздействия.

Предлагаемый изобретением способ описывается на примере конкретного выполнения в форме циркуляционного насоса системы отопления. Рабочее колесо насоса приводится во вращение электрическим приводным агрегатом, причем этот  
25 насос выполнен как так называемый циркуляционный насос с «мокрым» ротором. Температура обмоток статора и/или ротора может определяться посредством сенсора и передаваться в систему управления насосом.

Задачей этого способа является бессенсорное определение температуры рабочей среды, что может происходить путем математического расчета внутри системы  
30 управления насосом. При этом в системе управления насосом реализуется так называемый наблюдатель, который на основе известных входных параметров достаточно точно реконструирует температуру рабочей среды с помощью модели насоса.

Отправной точкой для определения подходящей модели насоса здесь является  
35 понимание того, что температура обмоток привода насоса физически представляет собой аккумулятор энергии. Протекающий по обмоткам ток вследствие потерь в меди обмоток ведет к их нагреву. Взаимосвязь между током в обмотке и температурой обмотки может описываться математически как фильтр низких частот первого порядка. Поскольку речь идет о циркуляционном насосе с «мокрым» ротором, то двигатель  
40 одновременно охлаждается рабочей средой (или нагревается в редких рабочих ситуациях). Влияние температуры обмотки на разность между температурой рабочей среды и температурой обмотки тоже представляет собой фильтр низких частот первого порядка. Искомая взаимосвязь между током в обмотке, температурой обмотки и температурой рабочей среды может, следовательно, моделироваться посредством двух  
45 фильтров низких частот, которые имеют один общий аккумулятор энергии.

Эта математическая взаимосвязь поясняется посредством блок-схемы на Фиг. 1. Каждый фильтр низких частот первого порядка однозначно описывается двумя параметрами, а именно статическим усилением  $K$  и его временной константой  $T$ . На

изображении Фиг. 1 фильтр низких частот, описывающий взаимосвязь между прикладываемым сигналом тока привода насоса и температурой обмотки, обладает статическим усилением  $K_1$  и временной константой  $T_1$ . Второй фильтр низких частот со статическим усилением  $K_2$  и временной константой  $T_2$  описывает влияние на

5 температуру обмотки разности между температурой рабочей среды и температурой обмотки.

Неизвестные параметры  $T_1$ ,  $K_1$ ,  $T_2$ ,  $K_2$  могут определяться математически на основе характеристик материала, а также геометрии двигателя и насоса. Наиболее подходящим, однако, является метрологическое параметрирование. Для этого сначала на

10 испытательном стенде поддерживается постоянная температура рабочей среды, и на электродвигатель циркуляционного насоса последовательно подаются различные токи  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ ,  $I_4$  в обмотках. Сигнал тока и результирующие температуры обмоток записываются. На Фиг.3 показана приведенная в качестве примера результирующая

15 реакция на ступенчатые воздействия температуры обмоток на четыре различных входных тока ( $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ ,  $I_4$ ).

По каждой из четырех этих кривых можно определить соответствующую временную константу  $T$  и статическое усиление  $K$ . Временная константа здесь соответствует начальной крутизне показанной характеристики реакции на ступенчатое воздействие.

20 Статическое усиление  $K$  представляет собой частное от деления значения температуры (время  $\rightarrow \infty$ ) на соответствующий входной ток  $I$ . Параметры, определенные таким образом по этим четырем измерениям, затем усредняются. Усредненное значение применяется для  $K_1$ ,  $T_1$ . Это допустимо, так как в случае фильтра низких частот речь

идет о линейной системе.

25 Вслед за этим аналогично производится определение параметров  $K_2$ ,  $T_2$  второго фильтра низких частот. Для этого поддерживается постоянным подаваемый ток двигателя, а температура перекачиваемой посредством циркуляционного насоса среды варьируется. Влияние на измеренную температуру обмотки записывается и оценивается.

30 Здесь следует учитывать, что параметры  $K_2$  и  $T_2$  могут изменяться в зависимости от скорости протекания рабочей среды. Это влияние нужно исследовать на испытательном стенде. Если имеет место существенное влияние скорости протекания, то оно должно определяться с помощью серии измерений. В дальнейшем работе насоса в таком случае используются таблицы, которые устанавливают параметры  $K_2$  и  $T_2$  в зависимости от

35 скорости протекания. Альтернативно таблицам может использоваться также полином. Так как скорость протекания в системе управления насосом известна, то это влияние не сказывалось бы негативно на качестве представленного здесь способа.

Если эти четыре параметра  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $K_1$  и  $K_2$  известны, то температура рабочей среды может определяться по сигналу тока и температуре обмотки при использовании

40 наблюдателя.

Основополагающая структура реализуемого в системе управления насосом наблюдателя показана на Фиг. 2.

Блок «объект», обозначенный ссылочной позицией 10, описывает реальный циркуляционный насос. Блок «модель», обозначенный ссылочной позицией 20,

45 соответствует вышеописанной модели по Фиг.1, которая математически описывает взаимосвязи известных входных параметров с реконструируемыми выходными величинами (температура рабочей среды).

Оба блока 10, 20 в качестве входной величины имеют ток в обмотке. Объект 10 в

качестве другого входа имеет реальную температуру рабочей среды. Модель 20 может не использовать этот вход из-за отсутствующего сенсора. Поскольку модель 20 не знает реальную температуру рабочей среды, то моделирование сначала начинается с начального значения температуры рабочей среды. По этой причине на практике как правило сначала имеет место сравнительно большая разность между измеренной и смоделированной температурой обмотки. Это определенное значение расхождения через корректирующий блок 30 возвращается в модель 20 как «скорректированная оцененная температура рабочей среды». За счет этого по методу наименьших квадратов разность между измеренной и смоделированной температурой обмотки регулированием сводится к нулю. Так как выход корректирующего блока 30 следует за реальной температурой рабочей среды с коротким временным сдвигом, то реальная температура рабочей среды предоставляется системе управления насосом.

#### (57) Формула изобретения

1. Способ определения температуры перекачиваемой среды циркуляционного насоса, в частности циркуляционного насоса системы отопления с интегральным электрическим приводным агрегатом,

причем,

температуру рабочей среды определяют, соответственно, вычисляют на основе температуры обмотки электрического насосного агрегата и тока, протекающего в обмотке, причем температуру рабочей среды определяют по току в обмотке и по измеренной температуре обмотки при использовании наблюдателя, причем наблюдатель использует модель насоса для моделирования работы насоса, которая в зависимости от оцененной температуры рабочей среды и тока в обмотке выдает смоделированную температуру обмотки, причем наблюдатель для корректировки оцененной температуры рабочей среды по разности смоделированной и измеренной температур обмотки определяет поправочный коэффициент, который возвращается в модель насоса.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что температуру обмотки измеряют сенсорно.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что модель насоса наблюдателя моделирует взаимосвязь между током в обмотке, температурой обмотки и температурой рабочей среды посредством по меньшей мере двух фильтров низких частот первого порядка.

4. Способ по п. 3, отличающийся тем, что первый фильтр низких частот со статическим усилением  $K_1$  и временной константой  $T_1$  моделирует взаимосвязь между током в обмотке и температурой обмотки.

5. Способ по п. 3 или 4, отличающийся тем, что второй фильтр низких частот со статическим усилением  $K_2$  и временной константой  $T_2$  моделирует взаимосвязь между температурой рабочей среды и измеренной температурой обмотки.

6. Способ по п. 5, отличающийся тем, что параметры  $K_2$ ,  $T_2$  выбирают в зависимости от скорости протекания, в частности в системе управления насосом сохраняют таблицу, которая в зависимости от скорости протекания приводит подходящие параметры  $K_2$ ,  $T_2$ .

7. Циркуляционный насос, в частности циркуляционный насос системы отопления с системой управления насосом для осуществления способа по предыдущим пунктам.

8. Циркуляционный насос по п. 7, отличающийся тем, что этот циркуляционный насос содержит по меньшей мере один сенсор для измерения температуры обмотки, но для измерения температуры рабочей среды сенсоры не предусмотрены.

9. Способ определения параметров  $K_1$ ,  $T_1$  для циркуляционного насоса по п. 7 или 8, отличающийся тем, что насос при постоянной температуре рабочей среды

запитывается различными токами в обмотках и по определяемой реакции на ступенчатые воздействия температуры обмотки определяются характерные для тока временные константы и характерные для тока статические усиления, причем предпочтительно путем их усреднения вычисляются значения параметров  $K_1$  и  $T_1$  модели насоса.

- <sup>5</sup> 10. Способ определения параметров  $K_2$ ,  $T_2$  для циркуляционного насоса по п. 7 или 8, отличающийся тем, что насос при постоянном токе в обмотке эксплуатируют с различными температурами рабочей среды и по определяемой реакции на ступенчатое воздействие измеренной температуры обмотки определяются временная константа  $T_2$  и статическое усиление  $K_2$  модели насоса, причем предпочтительно определяются
- <sup>10</sup> индивидуальные значения для  $T_2$ ,  $K_2$  модели насоса в зависимости от данной скорости протекания.

15

20

25

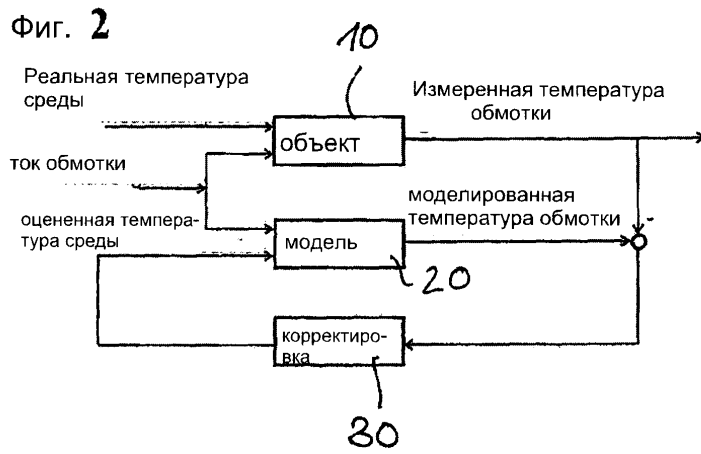
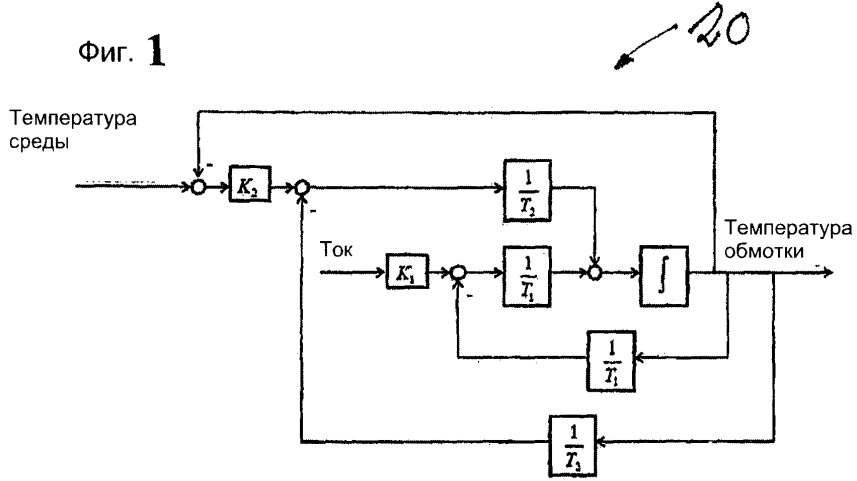
30

35

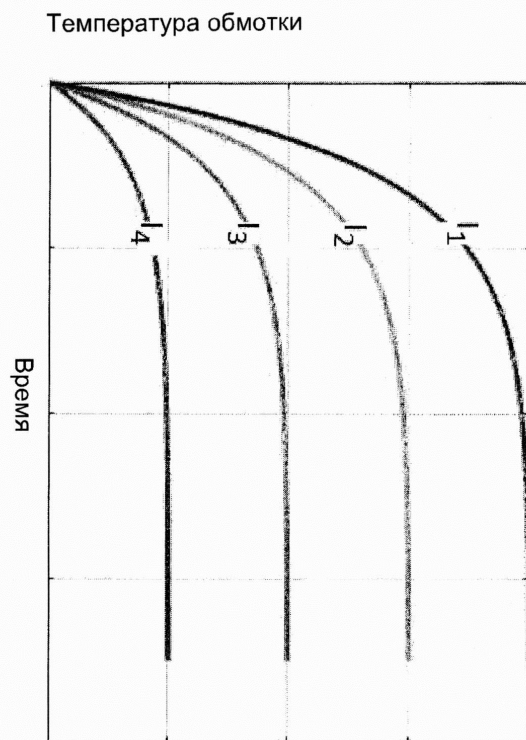
40

45

1



2



Фиг. 3