



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ

ВЕДОМСТВО

(12) **Описание изобретения** К МАЛОМУ ПАТЕНТУ

1

(21) 2101604

(22) 02.11.2021

(46) Бюл. 194, 2023

(71)(73) Юлдашев З.Ш. (TJ); Нозимов З.Н. (TJ);
Махмудов Х.Ф. (RU); Ризоев И.Б. (TJ); Хабибов А.Х.
(TJ); Мирзоев Ш.И. (TJ); Назаров С.С. (TJ); Юлдашев
Р.З. (TJ).

**(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ РАБОТЫ
НАСОСНОГО АГРЕГАТА**

(56) Способ оценки технического состояния центро-
бежного насосного агрегата по вибрации корпуса.
Заявка на изобретение № 94 031 570/06. Дата публи-
кации заявки: 27.05.1996.

Патент РФ. № 2726149. G 01 R 21/14. H 05 B 1/02.

Устройство для определения эффективности исполь-
зования энергии в энерготехнологических процессах.
Малый патент РТ № TJ 1167. Заявка № 2101498 от
13.01.2021.

Устройство для контроля состояния насосных агре-
гатов магистрального нефтепровода. Патент на по-
лезную модель № 138864. F 04 B 51/00. Заявка:
2013132785/06, 15.07.2013.

Стенд для определения энергетических параметров
электродвигателя. Малый патент № T362. G 01 L
3/24. Заявка № 1000455 от 23.04.2010.

(57) Изобретение относится к измерительной техни-
ке, в частности, к устройствам для диагностики и
определения энергоемкости работы насосного агре-
гата. Устройство для диагностики и определения
энергоемкости работы насосного агрегата, содержа-
щее электродвигатель и электронный регистратор,
вход электродвигателя соединен с входами измери-

2

теля напряжения и измерителя тока, выходы которых
соединены соответственно с входами измерителя cosφ,
выходы измерителя напряжения, измерителя тока и
измерителя cosφ соединены с соответствующими вхо-
дами электронного регистратора, выход электродвига-
теля соединен с входами редуктора, измерителя кру-
тящего момента и измерителя скорости вращения, вы-
ходы измерителя крутящего момента и измерителя
скорости вращения соединены с соответствующими
входами электронного регистратора, выход редуктора
соединен с входами насоса, датчика крутящего момен-
та и датчика скорости вращения, выходы датчика кру-
тящего момента и датчика скорости вращения соеди-
нены с соответствующими входами электронного ре-
гистратора, выход насоса соединены с входами изме-
рителя напора и измерителя расхода, выход которых
соединены соответствующими входами элек-
тронного регистратора, выход электронного регистра-
тора соединен с входом вычислительного блока, выход
которого соединен с анализатором, выход анализатора
соединен с входом монитора, выход которого соединен
с устройством для печати, выходы пульта управления
соединены с соответствующими входами электронного
регистратора, вычислительного блока, анализатора и
устройством для печати, вход-выход пульта управле-
ния соединен с вход-выходом системы высшего уров-
ня, выход которой соединен с входом монитора, дру-
гой вход-выход системы высшего уровня имеет связь с
каналами связи. Таким образом, изобретение позволяет
диагностировать и определять энергоемкость работы
насосных агрегатов, а также создавать энергетический
паспорт насосного агрегата.

Изобретение относится к измерительной технике, в частности, к устройствам для диагностики и определения энергоемкости работы насосного агрегата. Известен способ оценки технического состояния центробежного насосного агрегата по вибрации корпуса. В данном способе вибрацию измеряют в процессе эксплуатации агрегата одновременно от совокупности входящих в него элементов, тренды строят с помощью системы компьютерного мониторинга по вибрации в отдельных частотных полосах, определяют по ним одновременно значение вибропараметров и скорость их изменения, выделяют быстрый, медленный и знакопеременный тренды, используют параметры и тренды в качестве диагностических признаков, предварительно обучают систему компьютерного мониторинга путем ввода в нее пороговых значений и комбинаций признаков, а оценку состояния агрегата и его элементов проводят комплексно по табличной зависимости [1].

Недостатками данного способа являются невозможность определения энергоемкости работы насосного агрегата и энергоемкости выполнения энерготехнологического процесса подъема воды.

Известно устройство для определения потерь энергии в энерготехнологическом процессе, содержащее исследуемый объект с измерителем, источник питания с измерительной аппаратурой, пульт управления, вычислительный блок, дисплей, выход источника питания соединен через измеритель энергии и блок энерготехнологического процесса с входом блока измерителя результата действия энергии, второй выход измерителя энергии с первым входом вычислительного блока, выход блока измерителя результата действия энергии соединен со вторым входом вычислительного блока, выход которого соединен с входом дисплея, а вход-выход вычислительного блока соединен с входом-выходом пульта управления, выход которого соединен с входом источника питания [2].

Недостатками вышеуказанного аналога являются невозможность определения энергоемкости работы элементов, которые входят в состав насосного агрегата и энергоемкость подъема 1 м³ воды на соответствующую высоту.

Известно устройство для определения эффективности использования энергии в энерготехнологических процессах [3], содержащее исследуемый объект с измерителем результата действия энергии, источник питания с измерителем энергии, блок управления, вычислительный блок, выход источника питания соединен через измеритель энергии и блок энерготехнологического процесса с входом блока измерителя результата действия энергии, второй выход измерителя энергии соединен с первым входом вычислительного блока, выход блока измерителя результата действия энергии соединен со вторым входом вычислительного блока, вход-выход которого соединен с входом-выходом процессора, вход-выход процессора через вход-выход базы данных соединен с входом-выходом блока ввода вывода данных, первый выход блока ввода вывода данных соединен с входом блока

управления, выход которого соединен с источником питания, вход-выход блока управления соединен с входом-выходом вычислительного блока, второй выход блока ввода-вывода данных соединен с вычислительным блоком, при этом вход-выход блока ввода вывода данных имеет связь с системой высшего уровня по каналам связи, третий выход блока ввода вывода данных соединен с входом монитора, другой вход которого соединен с выходом процессора, выход монитора соединен со входом устройства печати. Недостатками данного аналога являются невозможность определения энергоемкости работы элементов, которые входят в состав насосного агрегата и энергоемкость подъема 1 м³ воды на соответствующую высоту.

Известно устройство для контроля состояния насосных агрегатов магистрального нефтепровода [4].

Данное изобретение относится к области диагностики и контроля напряженно-деформированного состояния насосных агрегатов и может быть использована на магистральных нефтепроводах и водоводах, продуктопроводах, в системах гидротранспорта, водоснабжения и теплоснабжения для оперативного контроля на ранней стадии неисправности. Поставленная задача достигается за счет того, что необходимый сигнал, соответствующий колебаниям жидкости нефтепровода, зафиксированный вибродатчиком, снимают непосредственно с нефтепровода, который является каналом распространения колебаний, с помощью устройства, состоящего из кварцевых или керамических вибродатчиков, преобразующих колебания нефти в электрические колебания, приемника-компенсатора - для приема и преобразования полученных электрических колебаний, аналого-цифрового преобразователя и персонального компьютера. Аналого-цифровой преобразователь и компьютер необходимы для реализации полученного спектра колебаний с помощью специального программного обеспечения, которое позволяет выявлять большую часть полезной информации.

Недостатками аналога являются невозможность определения энергоемкости работы насосного агрегата и энергоемкости выполнения энерготехнологического процесса подъема воды.

Наиболее близким аналогом к заявляемому изобретению можно отнести устройство (стенд) для определения энергетических параметров электродвигателя [5]. Устройство для определения энергетических параметров электродвигателя и относительной энергоемкости выполненной им работы, содержащие ведущий и ведомые валы, соединенные между собой через соединительный элемент, при этом ведомый вал закреплен на подшипниковых опорах, с возможностью ограничения его линейного перемещения и выполнен из двух частей, соединенных друг с другом с помощью муфты, тахогенератор, измерительное устройство, на каждой части ведомого вала между подшипниками, расположенными между подшипни-

ковыми опорами, жестко закреплены по металлическому диску, при этом на этих подшипниках жестко крепятся крестообразные магнитопроводы, на которых установлены электромагнитные катушки, при этом угол между соседними элементами крестообразного магнитопровода 90°, а противостоящие концы крестообразных магнитопроводов, расположенные с двух сторон металлического диска, находящиеся напротив и параллельно друг другу, жестко соединены между собой перемычкой, на горизонтальных перемычках жестко крепятся с одной стороны противовесы, а с другой они соединены между собой U-образным кронштейном, в середине которого подвешены весовые гири или установлены под ним напольные весы, а электромагнитные катушки, установленные на крестообразных магнитопроводах соединены между собой последовательно и/или параллельно. На подшипниковых опорах каждой части ведомого вала с двух сторон крестообразного магнитопровода жестко закреплены ограничители его максимального поворота.

Сигнализатор выполнен с возможностью взаимодействия с U-образным кронштейном в момент баланса крутящего момента электродвигателя и момента создаваемого крестообразным магнитопроводом с электромагнитными катушками и металлическим диском. На станине установлен с возможностью регулирования по высоте стол, на котором жестко крепится электродвигатель, вал которого соединен с ведущим валом. Управляющий информационно-вычислительный комплекс, на вход которого подключен электронный регистратор, соединен с регулятором напряжения.

Недостатками прототипа являются невозможность определения элементов насосного агрегата и их энергоемкости, проведения оперативного контроля энергоемкости работы насосного агрегата.

Задача изобретения является оперативное определение энергоемкости работы насосного агрегата и контроль энергетических параметров с получением энергетического паспорта насосного агрегата.

Поставленная задача решается за счет того, что устройство для диагностики и определения энергоемкости работы насосного агрегата, содержащее электродвигатель и электронный регистратор, вход электродвигателя соединен с входами измерителя напряжения и измерителя тока, выходы которых соединены соответственно с входами измерителя cosφ, выходы измерителя напряжения, измерителя тока и измерителя cosφ соединены с соответствующими входами электронного регистратора, выход электродвигателя соединен с входами редуктора, измерителя момента и измерителя скорости вращения, выходы измерителя крутящего момента и измерителя скорости вращения соединены с соответствующими входами электронного регистратора, выход редуктора соединен с входами насоса, датчика крутящего момента и датчика скорости вращения, выходы датчика крутящего момента и датчика скорости вращения соединены с соответствующими входами электронного регистратора

тора, выход насоса соединены с входами измерителя напора и измерителя расхода, выход которых соединены соответствующими входами электронного регистратора, выход электронного регистратора соединен с входом вычислительного блока, выход которого соединен с анализатором, выход анализатора соединен с входом монитора, выход которого соединен с устройством для печати, выходы пульта управления соединены с соответствующими входами электронного регистратора, вычислительного блока, анализатора и устройством для печати, вход-выход пульта управления соединен с вход-выходом системы высшего уровня, выход которой соединен с входом монитора, другой вход-выход системы высшего уровня имеет связь с каналами связи.

Новые существенные признаки:

-вход электродвигателя соединен с входами измерителя напряжения и измерителя тока, выходы которых соединены соответственно с входами измерителя cosφ;

-выходы измерителя напряжения, измерителя тока и измерителя cosφ соединены с соответствующими входами электронного регистратора;

- выход электродвигателя соединен с входами редуктора, измерителя момента и измерителя скорости вращения, выходы измерителя крутящего момента и измерителя скорости вращения соединены с соответствующими входами электронного регистратора;

-выход редуктора соединен с входами насоса, датчика крутящего момента и датчика скорости вращения, выходы датчика крутящего момента и датчика скорости вращения соединены с соответствующими входами электронного регистратора, выход насоса соединены с входами измерителя напора и измерителя расхода, выход которых соединены соответственно с входами электронного регистратора;

- выход электронного регистратора соединен с входом вычислительного блока, выход которого соединен с анализатором, выход анализатора соединен с входом монитора, выход которого соединен с устройством для печати;

- выходы пульта управления соединены с соответствующими входами электронного регистратора, вычислительного блока, анализатора и устройством для печати, вход-выход пульта управления соединен с вход-выходом системы высшего уровня, выход которой соединен с входом монитора, другой вход-выход системы высшего уровня имеет связь с каналами связи.

Перечисленные существенные признаки в совокупности с известными необходимы и достаточны во всех случаях, на которые распространяется испрашиваемый объем правовой охраны.

Технический результат заключается в том, что:

-вход электродвигателя соединен с входами измерителя напряжения и измерителя тока, выходы которых соединены соответственно с входами измерителя cosφ;

-выходы измерителя напряжения, измерителя тока и измерителя cosφ соединены с соответствующими

входами электронного регистратора, что позволяет производить измерения;

- выход электродвигателя соединен с входами редуктора, измерителя момента и измерителя скорости вращения, выходы измерителя крутящего момента и измерителя скорости вращения соединены с соответствующими входами электронного регистратора, это позволяет передавать механическую энергию на редуктор;

- выход редуктора соединен с входами насоса, датчика крутящего момента и датчика скорости вращения, выходы датчика крутящего момента и датчика скорости вращения соединены с соответствующими входами электронного регистратора, выход насоса соединен с входами измерителя напора и измерителя расхода, выход которых соединены соответствующими входами электронного регистратора, что позволяет измерять скорость вращения и крутящий момент и регистрировать измеренные параметры;

- выход электронного регистратора соединен с входом вычислительного блока, выход которого соединен с анализатором, выход анализатора соединен с входом монитора, выход которого соединен с устройством для печати, такая связь позволяет по измеренным параметрам производить вычисления;

- выходы пульта управления соединены с соответствующими входами электронного регистратора, вычислительного блока, анализатора и устройством для печати, вход-выход пульта управления соединен с вход-выходом системы высшего уровня, выход которой соединен с входом монитора, другой вход-выход системы высшего уровня имеет связь с каналами связи, появляется возможность управления всего процесса измерения и вычисления.

На фигуре приведено устройство для диагностики и определения энергоемкости работы насосного агрегата. Для удобства и упрощения чтения фигуры группы соединений нумерованы римскими цифрами. Устройство состоит из электродвигателя 1, редуктора 2, насоса 3, измерителя напряжения 4, измерителя тока 5, измерителя $\cos\phi$ 6, измерителя крутящего момента 7, измерителя скорости вращения 8, датчика крутящего момента 9, датчика скорости вращения 10, измерителя напора 11, измерителя расхода 12, электронного регистратора 13, вычислительного блока 14, анализатора 15, пульта управления 16, системы высшего уровня 17, монитора 18, устройство для печати 19. Электродвигатель 1 предназначен для преобразования электрической энергии в механическую энергию. Редуктор 2 (ременная передача, цепная передача, мультипликатор) предназначен для снижения (повышения) скорости вращения электродвигателя 1. Насос 3 служит для подъема жидкости (например, вода, масло, нефть и т.д.) на высоту H с расходом q . Измеритель напряжения 4 служит для измерения напряжения на входе электродвигателя 1. Измеритель тока 5 служит для измерения потребляемого тока электродвигателем 1. Измеритель $\cos\phi$ 6 служит для измерения коэффициента мощности электродвигателя 1. Измеритель крутящего момента

7 предназначен для измерения вращающего момента на выходе электродвигателя 1. Измеритель скорости

вращения 8 предназначен для измерения скорости вращения на выходе электродвигателя 1. Датчик крутящего момента 9 измеряет вращающий момент на выходе редуктора 2. Датчик скорости вращения 10 служит для измерения скорости вращения на выходе редуктора 2. Измеритель напора 11 измеряет величину напора, создаваемое насосом 3. Измеритель расхода 12 измеряет величину расхода жидкости на выходе насоса 3. Электронный регистратор 13 предназначен для регистрации измеряемых величин, которые поступают от измерителя напряжения 4, измерителя тока 5, измерителя $\cos\phi$ 6, измерителя крутящего момента 7, измерителя скорости вращения 8, датчика крутящего момента 9, датчика скорости вращения 10, измерителя напора 11 и измерителя расхода 12. Регистратор 13 предназначен для регистрации результатов измерений. Вычислительный блок 14 предназначен для вычисления энергетических параметров по результатам измерений, которые поступают с выхода электронного регистратора 13. Анализатор 15 формирует энергетический паспорт насосного агрегата и производит сравнение результатов измерения с паспортными и/или ранее измеренными значениями, на основании которых на мониторе отражаются результаты измерений и вычислений. При повышении или снижении диагностируемых параметров, например, повышении энергоемкости работы насосного агрегата (электродвигатель 1+редуктор 2+насос 3) на анализаторе 15 вырабатывается сигнал на принятия решения, который визуализируется на мониторе 18. Пульт управления 16 служит для ввода исходных данных испытуемого насосного агрегата, задания количества измеряемых параметров на электронном регистраторе 13, задания алгоритма расчета энергетических параметров на вычислительном блоке 14, задания уставок и принятия решений на анализаторе 15, передача паспортных данных испытуемого насосного агрегата, результатов измерений и вычислений, отражение на мониторе 18, а также для приема и передач результатов измерений и вычислений в систему высшего уровня 17. Монитор 18 предназначен для визуализации результатов измерений и вычислений при диагностике и определении энергоемкости работы насосного агрегата и энергетического паспорта насосного агрегата. Устройство для печати 19 предназначен для документирования результатов измерений и вычислений энергетических параметров насосного агрегата в бумажном варианте, а также печать энергетического паспорта насосного агрегата. Данное устройство для диагностики и определения энергоемкости работы насосного агрегата позволяет проводить все измерения на элементах насосного агрегата без вмешательства в силовую часть насосного агрегата.

Устройство для диагностики и определения энергоемкости работы насосного агрегата работает следующим образом.

После установки измерительных приборов при подаче питания на электродвигатель 1 вращательное

движение поступает на вход редуктора 2, который в свою очередь вращает насос 3, вследствие чего происходит подача жидкости с напором H и расходом q . Измеритель тока 5 и измеритель напряжения измеряют на каждой из фаз величины тока и напряжения. На вход измерителя $\cos\varphi$ 6 поступают от выходов измерителя тока 4 и измерителя напряжения 5 измеренные параметры. Измеритель $\cos\varphi$ 6 определяет на каждой из фаз значение $\cos\varphi$. Измеренные значения с выхода измерителя тока 4, измерителя напряжения 5 и измерителя $\cos\varphi$ 6 поступают на вход электронного регистратора 13. На выходе электродвигателя 1 установлены измеритель крутящего момента 7 и измеритель скорости вращения 8, с выходов которых измеренные параметры поступают на вход электронного регистратора 13. На выходе насоса 3 установлены измеритель напора 11 и измеритель расхода 12, с выходов которых измеренные параметры поступают на вход электронного регистратора 13. На электронном регистраторе 13 происходит регистрация измеренных параметров непрерывно с интервалом, например, 1 секунда, 5 секунд, 1 минута, 5 минут, который задается перед проведением измерения. Длительность интервала регистрации зависит от поставленной задачи экспериментальных исследований, а также от быстротечности самого энерготехнологического процесса подъема жидкости (динамических характеристик). Результаты регистрации с выхода электронного регистратора 13 поступают на вход вычислительного блока 14, в котором происходит вычисление и расчет на входах электродвигателя 1, редуктора 2 и насоса 3, а также на выходе насоса 3. На вычислительном блоке 14 производятся следующие вычисления:

Активная мощность каждой фазы во времени на входе электродвигателя 1:

-фазы А $P_a(t)$: $P_a(t) = U_a(t) \times I_a(t) \times \cos\varphi_a$,

-фазы В $P_b(t)$: $P_b(t) = U_b(t) \times I_b(t) \times \cos\varphi_b$,

-фазы С $P_c(t)$: $P_c(t) = U_c(t) \times I_c(t) \times \cos\varphi_c$.

где $U_a(t)$, $U_b(t)$, $U_c(t)$ - напряжение на соответствующих фазах А; $I_a(t)$, $I_b(t)$, $I_c(t)$ – ток на соответствующих фазах; $\cos\varphi_a$, $\cos\varphi_b$, $\cos\varphi_c$ - коэффициент мощности на соответствующих фазах.

Активная мощность электродвигателя 1 во времени $P_{эд}(t)$:

$P_{эд}(t) = P_a(t) + P_b(t) + P_c(t)$.

Реактивная мощность каждой фазы во времени на входе электродвигателя 1:

-фазы А $Q_a(t)$: $Q_a(t) = U_a(t) \times I_a(t) \times \sin\varphi_a$,

-фазы В $Q_b(t)$: $Q_b(t) = U_b(t) \times I_b(t) \times \sin\varphi_b$,

-фазы С $Q_c(t)$: $Q_c(t) = U_c(t) \times I_c(t) \times \sin\varphi_c$.

где $\sin\varphi_a$, $\sin\varphi_b$, $\sin\varphi_c$ - коэффициент реактивной составляющей мощности на соответствующих фазах;

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}$$

Реактивная мощность электродвигателя 1 во времени $Q_{эд}(t)$:

$Q_{эд}(t) = Q_a(t) + Q_b(t) + Q_c(t)$.

Полная мощность электродвигателя 1 во времени $S_{эд}(t)$:

$$S_{эд}(t) = \sqrt{P_{эд}^2(t) + Q_{эд}^2(t)}$$

Из электротехники также известно, что коэффициент мощности в виде формулы можно записать, как отношение активной мощности ($\mathcal{E}$) к полной (ПЭ):

$\cos\varphi_{эд}(t) = P_{эд}(t) / S_{эд}(t)$.

Активная энергия $\mathcal{E}$, затраченная на фазах за время t :

$\mathcal{E}_a(t) = P_a(t) \times t$;

$\mathcal{E}_b(t) = P_b(t) \times t$;

$\mathcal{E}_c(t) = P_c(t) \times t$.

Реактивная энергия $\mathcal{E}P(t)$, затраченная на фазах за время t :

$\mathcal{E}P_a(t) = Q_a(t) \times t$;

$\mathcal{E}P_b(t) = Q_b(t) \times t$;

$\mathcal{E}P_c(t) = Q_c(t) \times t$.

Активная энергия $\mathcal{E}_{эдв}$, потребленная электродвигателем 1 из сети за время t :

$\mathcal{E}_{эдв}(t) = \mathcal{E}_a(t) + \mathcal{E}_b(t) + \mathcal{E}_c(t)$.

Мощность $P_{ред}(t)$ на входе редуктора 2 (на выходе электродвигателя 1):

$P_{ред}(t) = M_{ред}(t) \times \omega_{ред}(t)$,

где $M_{ред}(t)$ – момент на входе редуктора 2; $\omega(t)$ – угловая скорость на входе редуктора 2.

Энергия $\mathcal{E}_{ред}(t)$, потребленная редуктором 2 (энергия на выходе электродвигателя 1):

$\mathcal{E}_{ред}(t) = P_{ред}(t) \times t$.

Мощность $P_{насос}(t)$ на входе насоса 3 (мощность на выходе редуктора 2):

$P_{насос}(t) = M_{ред}(t) \times \omega_{ред}(t)$,

где $M_{ред}(t)$ – момент на выходе редуктора 2; $\omega_{ред}(t)$ – угловая скорость на выходе редуктора 2.

Энергия $\mathcal{E}_{насос}(t)$, затраченная насосом 3:

$\mathcal{E}_{насос}(t) = P_{насос}(t) \times t$.

Энергоемкость $\mathcal{E}_{э.эдв}(t)$ работы электродвигателя 1, определяется как отношение энергии на входе электродвигателя 1 на энергию на выходе электродвигателя 1 (на входе редуктора 2) в момент времени t :

$\mathcal{E}_{э.эдв}(t) = \mathcal{E}_{эдв}(t) / \mathcal{E}_{ред}(t)$.

Энергоемкость $\mathcal{E}_{э.ред}(t)$ работы редуктора 2, определяется как отношение энергии на входе редуктора 2 на энергию на выходе редуктора 2 (на входе насоса 3) в момент времени t :

$\mathcal{E}_{э.ред}(t) = \mathcal{E}_{ред}(t) / \mathcal{E}_{насос}(t)$.

Мощность $P_{вых.насоса}(t)$, необходимая на подъем жидкости на высоту H с расходом q , определяется как произведение g [м/с²] на напор H [м] и на расход насоса 3 [м³/с]:

$P_{вых.насоса}(t) = g \times H \times q$.

Энергия $\mathcal{E}_{вых.насоса}(t)$, затраченная на подъем жидкости на высоту H с расходом q :

$\mathcal{E}_{вых.насоса}(t) = P_{вых.насоса}(t) \times t$.

Энергоемкость $\mathcal{E}_{э.насос}(t)$ работы насоса 3, определяется как отношение энергии на входе насоса 3 на энергию на выходе насоса 3 в момент времени t :

$\mathcal{E}_{э.насос}(t) = \mathcal{E}_{насос}(t) / \mathcal{E}_{вых.насоса}(t)$.

Энергоемкость насосного агрегата определяется как произведение энергоемкости работы электродвигателя 1 $\mathcal{E}_{э.эдв}(t)$, энергоемкости работы редуктора 2

Ээ.ред(t) и энергоемкости работы насоса 3 Ээ насос (t):

Энас.агрегата(t)= Ээ эдв(t)хЭэ.ред(t)хЭэ насос (t).

Определим энергоемкость работы насосного агрегата Энас агр.расч по измеренным параметрам (расход энергии на подъем 1 м3 жидкости:

Энас агр.расч = Ээдв(T) / q*T,

где q – расход жидкости (м3/с); T – время работы насосного агрегата (с).

Пример расчета энергоемкости работы насосного агрегата по паспортным данным.

- определим энергоемкость работы насоса 3 с учетом паспортных данных насоса 3:

$$\eta_{\text{насос}} = \frac{1}{0,63} = 1,59,$$

Ээ насос=1/

где $\eta_{\text{насос}}$ – паспортное значение КПД насоса 1.

- энергоемкость работы редуктора 2 с учетом паспортных данных редуктора 2:

$$\eta_{\text{ред}} = \frac{1}{0,94} = 1,06,$$

Ээ ред=1/

где $\eta_{\text{ред}}$ – паспортное значение КПД редуктора 2.

- энергоемкость работы электродвигателя 1 с учетом его паспортных данных:

$$\eta_{\text{эдв}} = \frac{1}{0,84} = 1,19,$$

Ээ эдв=1/

где $\eta_{\text{эдв}}$ – паспортное значение КПД электродвигателя 1.

-определим энергоемкость насосного агрегата как произведение энергоемкости элементов:

Энас агр.= Ээ насос* Ээ ред* Ээ

эдв=1,59*1,06*1,19=2,006=1+1,006.

Как видно из расчетов, энергоемкость работы насосного агрегата равняется Энас агр.= 2,006.

По результатам измерений параметров насосного агрегата определяются расчетное значение энергоемкости работы насосного агрегата Энасагр.расч и паспортное (теоретическое) значение энергоемкости работы насосного агрегата Энас агр..

На практике по мере эксплуатации насосного агрегата происходит износ рабочих частей его элементов:

- износ рабочего колеса,
- износ корпуса насоса 3,
- износ опорных подшипников насоса 1 и электродвигателя 1,
- износ шестеренок и подшипников редуктора 2 и ухудшение смазочных свойств масла редуктора 2,
- из-за высокой влажности происходит снижение сопротивления изоляции обмоток электродвигателя 1, вследствие чего происходит нагрев корпуса электродвигателя 1,
- износ и снижение сопротивление изоляции проводов и кабелей, питающих электроэнергией электродвигателя 1,
- изменение напора и расхода насоса 3 по причинам, приведенных выше.

При последующих определениях энергоемкости работы насосного агрегата этот показатель только

ухудшается. Такое ухудшение фиксируется в энергетическом паспорте электродвигателя 1. При значи

тельном повышении энергоемкости работы насосного агрегата (например, 10-15%) необходимо вмешательство обслуживающего персонала и инженерных служб по ремонту и обслуживанию.

Запишем аксиому для насосного агрегата по показателю энергоемкости работы насосного агрегата:

Энас агр.расч(T0) ≥ Энас агр.расч(T1) ≥ Энас агр.расч(T2).

где Энас агр.расч(T0) – энергоемкость насосного агрегата при T0=0 (новый насосный агрегат, который не был в эксплуатации); Энас агр.расч(T1) - энергоемкость насосного агрегата при T1= T0 +Δt (насосный агрегат, который был в эксплуатации в течение времени T1); Энас агр.расч(T2) - энергоемкость насосного агрегата при T2= T1 +Δt (насосный агрегат, который был в эксплуатации в течение времени T2. (T0< T1< T2). При эксплуатации насосного агрегата в течение времени, например, шести месяцев, из-за износа элементов насоса 3, редуктора 2 и электродвигателя 1 произойдет повышение энергоемкости вышеуказанных элементов. Допустим, произошло повышение энергоемкости работы элементов насоса 3, редуктора 2 и электродвигателя 1, например, на 15%.

Определим энергоемкость насосного агрегата при повышении на 15%:

Энас агр.= 1,15*Ээ насос*1,15*Ээ ред*1,15Ээ эдв =3,050.

Из расчета видно, что повышение энергоемкости работы элементов насосного агрегата на 15% приводит к повышению энергоемкости работы насосного агрегата на 50% (было 2,006 после эксплуатации стало 3,050).

На практике энергоемкость работы насосного агрегата повышается до значения 5 и более.

На анализаторе 15 с пульта управления 16 устанавливаются уставки (значение превышения параметра, например, 10-15%) на каждый измеряемый и вычисляемый параметр, при превышении которых на мониторе 18 появляется сообщение о выходе параметров за пределы значения уставки.

На мониторе 18 оперативно (в режиме реального времени) по команде с пульта управления 16 может быть заданы различные режимы вывода на экран измеряемых и вычисляемых параметров.

На устройстве для печати 19 выводится на печать результаты измерений и вычислений за предельный интервал времени. По завершении исследований по определению энергоемкости работы насосного агрегата на мониторе визуализируется энергетический паспорт насосного агрегата, где отражаются результаты исследований (заводские данные, результаты измерений и вычислений при первом энергоаудите, результаты измерений и вычислений при втором энергоаудите и так далее). С пульта управления 16 оператор может распечатать энергетический паспорт насосного агрегата.

С пульта управления 16 оператор может отправить результаты исследований и энергетический паспорт

насосного агрегата) через систему высшего уровня 17 (главный инженер, директор и др.) по известным каналам связи. Также по каналам связи через систему высшего уровня 17 может быть внесены изменения в программу исследований.

При мере эксплуатации насосного агрегата возникают ситуации, когда показатели энергоэффективности снижаются (повышается энергоемкость работы насосного агрегата).

Можно привести множество примеров повышения энергоемкости работы насосного агрегата (снижения энергоэффективности работы насосного агрегата):

- снижение напряжения сети – приводит к снижению мощности электродвигателя 1 (к повышению энергоемкости работы асинхронного двигателя 1);
- появление вибрации электродвигателя 1 – приводит к повышению потерь энергии (к повышению энергоемкости работы асинхронного двигателя 1);
- попадание влаги на обмотки электродвигателя 1 – происходит снижение сопротивление изоляции обмоток, вызывает потери энергии на нагрев обмоток, приводит к пробое изоляции обмоток (к повышению энергоемкости работы асинхронного двигателя 1);
- снижение уровня масла в редукторе 2 – приводит к потере мощности, передаваемой редуктором 2 (к повышению энергоемкости работы редуктора 2).

-нарушение соосности соединительных муфт (на фигуре не показаны) – приводит к вибрации и потере мощности;

-по мере использования износ рабочего колеса насоса – приводит к снижению напора и расхода жидкости за единицу времени (к повышению энергоемкости работы насоса 3);

-износ корпуса насоса – приводит к снижению расхода жидкости за единицу времени (к повышению энергоемкости работы насоса 3).

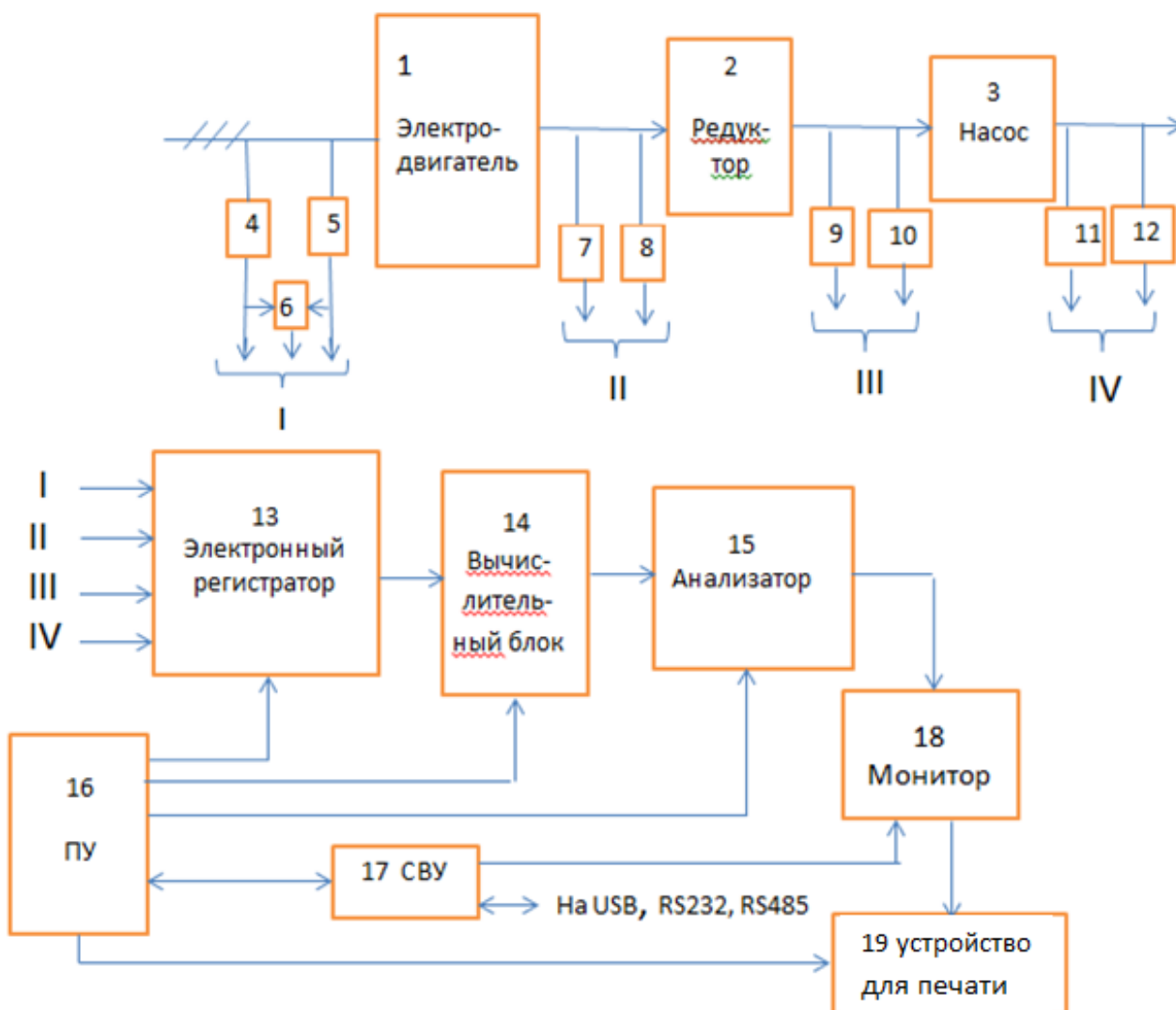
Таким образом, использование разработанного устройства позволит оперативно контролировать энергоемкость работы насосного агрегата в период эксплуатации. При повышении энергоемкости работы насосного агрегата или какого-либо элемента (асинхронный двигатель 1, редуктор 2, насос 3) больше, например, 10-15% на мониторе 18 появится сообщение о повышении энергоемкости элемента и, следовательно, энергоемкость работы насосного агрегата. Это позволит своевременно устранить недостатки и ввести необходимые корректировки на элементе (например, замена на более энергоэффективный), где зафиксировано повышение энергоемкости работы один из элементов или насосного агрегата в целом.

Формула изобретения

Устройство для диагностики и определения энергоемкости работы насосного агрегата, содержащее электродвигатель и электронный регистратор, отличающееся тем, что вход электродвигателя соединен с входами измерителя напряжения и измерителя тока, выходы которых соединены соответственно с входами измерителя $\cos\phi$, выходы измерителя напряжения, измерителя тока и измерителя $\cos\phi$ соединены с соответствующими входами электронного регистратора, выход электродвигателя соединен с входами редуктора, измерителя крутящего момента и измерителя скорости вращения, выходы измерителя крутящего момента и измерителя скорости вращения соединены с соответствующими входами электронного регистратора, выход редуктора соединен с входами насоса, датчика крутящего момента и датчика скорости вращения, выходы датчика крутящего момента и

датчика скорости вращения соединены с соответствующими входами электронного регистратора, выход насоса соединены с входами измерителя напора и измерителя расхода, выходы которых соединены соответствующими входами электронного регистратора, выход электронного регистратора соединен с входом вычислительного блока, выход которого соединен с анализатором, выход анализатора соединен с входом монитора, выход которого соединен с устройством для печати, выходы пульта управления соединены с соответствующими входами электронного регистратора, вычислительного блока, анализатора и устройством для печати, вход-выход пульта управления соединен с вход-выходом системы высшего уровня, выход которой соединен с входом монитора, другой вход-выход системы высшего уровня имеет связь с каналами связи.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ РАБОТЫ НАСОСНОГО АГРЕГАТА



Компьютерный набор: Алиева Л..