

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **040522**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.06.16

(51) Int. Cl. **F04D 13/10** (2006.01)
F04D 15/00 (2006.01)

(21) Номер заявки
202100086

(22) Дата подачи заявки
2020.12.11

(54) **СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАЧАЛЬНОГО ПЕРИОДА ИЗМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОПОГРУЖНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ**

(43) **2022.06.15**

(56) RU-C2-2213270
EA-B1-022673
AU-B2-2013204013
FR-A1-2896048

(96) **2020/023 (AZ) 2020.12.11**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ИНСТИТУТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК
АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ
РЕСПУБЛИКИ (AZ)**

(72) Изобретатель:
**Алиев Тельман Аббас оглы, Гулуев
Гамбар Агаверди оглы, Рзаев Асиф
Гаджи оглы, Пашаев Фахрад Гейдар
оглы, Алиев Явер Габил оглы (AZ)**

(74) Представитель:
Алиев Т.А. (AZ)

(57) Изобретение относится к нефтедобыче и информационным технологиям в нефтедобыче и касается устройств и методов диагностики технического состояния электропогружных установок, использующих в качестве привода асинхронные электродвигатели. Сущность изобретения состоит в циклическом измерении и регистрации за промежутков времени, кратный периоду оборота ротора электродвигателя, мгновенных значений токов (i_A , i_B , i_C) и напряжений (u_A , u_B , u_C) всех фаз относительно искусственной нулевой точки с последующим сравнением полученных значений с предыдущими. Заявляемый способ определения технического состояния электропогружных установок для добычи нефти решает техническую задачу ранней диагностики дефектного узла путем анализа характеристик помех в составе зашумленного сигнала, сигнализирующих о начале зарождения изменения в техническом состоянии оборудования. Этот способ получения диагностических индикаторов сигнала можно применять для ранней диагностики установки непрерывно и судить о техническом состоянии работающей установки, в том числе и о возможности ее дальнейшей эксплуатации.

B1**040522****040522****B1**

Изобретение относится к нефтедобыче и информационным технологиям в нефтедобыче и касается методов диагностики технического состояния электропогружных установок, использующих в качестве привода асинхронные электродвигатели.

Вопросы качественной и точной диагностики технического состояния электропогружных установок добычи нефти являются важным звеном в деле обеспечения рентабельности длительно эксплуатируемых нефтяных месторождений. Своевременное обнаружение неисправностей погружных электродвигателей (ПЭД) и принятие необходимых мер по их устранению обеспечивают необходимый уровень стабилизации добычи нефти. Для решения задач диагностики технического состояния электропогружных установок добычи нефти разработаны различные способы и устройства, реализующие их.

Известен [1] способ диагностики (контроля) погружных электродвигателей и насосов по параметрам вибрации, который используется на стендах по обкатке и испытанию (Положение о системе технического обслуживания и ремонта нефтепромышленного энергомеханического оборудования ОАО "Самолторнефтегаз" по фактическому состоянию, - РД 153-39, 1-046-00, Тюмень, 2000 г.).

В известном способе выбираются точки для измерения вибрации, которые располагаются на корпусе электродвигателя и насоса в зоне установки верхнего и нижнего подшипников и посередине между ними. Оценку технического состояния электродвигателей и насосов производят по результатам измерения вибраций. При обнаружении повышенного уровня вибрации в одной или нескольких точках или при превышении установленных заводом-изготовителем предельных значений электротехнических, технологических параметров или температуры электродвигатель (насос) возвращается в ремонт.

Для определения возможных причин повышенного уровня вибрации используют спектральный анализ получаемого вибросигнала, по результатам которого проводят идентификацию дефектов.

Известный способ не применим для оценки технического состояния электропогружной установки в процессе ее эксплуатации, так как применяемый в нем метод получения диагностической информации исключает возможность его использования в этой ситуации ввиду отсутствия доступа к элементам конструкции установки.

Известен [2] способ диагностирования погружного электрического центробежного насоса (RU 2206794 C1 20.06.2003), в котором состояние агрегата оценивается с помощью измерения потребляемого электродвигателем электрического тока. Измерение величины тока потребляемого электродвигателем, который приводит в действие агрегаты, механизмы и системы, позволяет оценить состояние этих систем. Увеличение потребляемого тока свидетельствует о повышении нагрузки на двигатель, что косвенно свидетельствует о состоянии агрегата или механизма. Способ диагностики по потребляемому току электродвигателя не позволяет судить о состоянии отдельных агрегатов или частей механизма или системы, работающих под действием электрического двигателя.

Наиболее близким к заявляемому изобретению является [3] способ определения технического состояния электропогружных установок для добычи нефти, (патент РФ № 2213270, МПК F04D 15/00, опубл. 27.09.2003), в котором регистрируют и анализируют сигнал, порождаемый вибрацией элементов конструкции установки. В качестве сигнала регистрируют сигнал от переменной составляющей суммы фазных токов питания двигателя путем установки датчика тока (токовых клещей) одновременно на три фазы питающего кабеля. Затем анализируют форму и амплитуду полученного сигнала и, сравнивая со значениями предыдущих измерений, оценивают возможность ее дальнейшей эксплуатации. В описании утверждается, что причиной изменений могут являться дефекты обмоток электродвигателя или увеличение тормозного момента. Недостатком этого способа является то, что более точную и раннюю диагностику дефектного узла данным способом выполнить невозможно.

Задача настоящего изобретения заключается в создании способа, позволяющего производить раннюю диагностику технического состояния работающей электропогружной установки в процессе ее эксплуатации.

Сущность изобретения состоит в способе определения начала изменения технического состояния электропогружной установки для добычи нефти, которая состоит в циклическом измерении и регистрации за промежуток времени, кратный периоду оборота ротора электродвигателя, мгновенных значений токов (i_A , i_B , i_C) и напряжений (u_A , u_B , u_C) всех фаз относительно искусственной нулевой точки. Нулевую точку получают с помощью фильтра напряжения нулевой последовательности, подключенного к зажимам питающего кабеля электродвигателя. Причем в целях обнаружения в составе сигнала высокочастотных помех, порождаемых в результате повышения вибрации вследствие истощения механических ресурсов, измерение и оцифровку значений тока и напряжения осуществляют избыточно-частотной технологией. Каждый измеренный сигнал после дискретизации с периодом Δt представляется в виде:

$$g(i\Delta t) = x(i\Delta t) + \varepsilon(i\Delta t);$$

где $g(i\Delta t)$ - зашумленный сигнал,
 $x(i\Delta t)$ - полезный сигнал без шума и
 $\varepsilon(i\Delta t)$ - шум (помеха).

Если имеем $g(i\Delta t)$ в количестве $2N$, т.е. $i \in [1, 2N]$, тогда характеристики (дисперсия и корреляция) сигнала и шума вычисляются по следующим выражениям:

дисперсия сигнала:

$$D_g = R_{gg}(\mu=0) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N g(i\Delta t)g(i\Delta t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N g^2(i\Delta t);$$

дисперсия шума в составе сигнала:

$$D_\varepsilon = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [g(i\Delta t)g(i\Delta t) - 2g(i\Delta t)g((i+2)\Delta t) + g(i\Delta t)g((i+1)\Delta t)];$$

значения взаимной корреляции между сигналом и шумом:

$$R_{\varepsilon g}(\mu=0) \approx \frac{1}{2} [R_{gg}(\mu=0) - [R_{gg}(\mu=1) + (R_{gg}(\mu=2) - R_{gg}(\mu=3))] - D_\varepsilon]$$

значения помехокорреляции между сигналом и шумом:

$$R_{\varepsilon \varepsilon} = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N [g(i\Delta t)g(i\Delta t) - [g(i\Delta t)g((i+1)\Delta t) + g(i\Delta t)g((i+2)\Delta t) - g(i\Delta t)g((i+3)\Delta t)]];$$

Полученные значения дисперсии и корреляции для каждого измеряемого параметра составляют базу диагностических индикаторов в количестве ($6 \times 4 = 24$), т.е. по четыре индикатора для каждого измеряемого параметра в каждом цикле.

Изменение значений соответствующих индикаторов в последующих циклах свидетельствует о начале изменения технического состояния установки, которое в последующем приведет к аварии на установке, а сумму мгновенных значений токов сравнивают с нулем и в случае ее отличия (в пределах погрешности измерительных приборов) принимается как нарушения изоляции обмоток двигателя, глубина нарушения которой определяется значением отклонения суммы мгновенных значений токов от нуля.

Сопоставительный анализ заявляемого изобретения и прототипа показал, что заявляемое решение отличается от прототипа новым существенным признаком: формированием критерия ранней диагностики технического состояния ПЭД - величиной близости текущей и эталонной индикаторов дисперсии и корреляции как полезного сигнала, так и помехи для всех токов и напряжений, потребляемых электродвигателем соответственно. Следовательно, решение отвечает критерию изобретения "новизна".

Сопоставительный анализ заявляемого изобретения с другими известными в этой области решениями показал, что существуют разные подходы к решению подобной задачи, но не найдено решение, аналогичное заявляемому.

Для повышения адекватности каждый измеряемый в течение времени, кратном числу оборотов ротора, параметр подвергается помехоанализу, определяются индикаторы дисперсии и корреляции как полезного сигнала, так и помехи и сравниваются со своим предыдущим значением. Если индикатор по одному или по нескольким параметрам отличается больше допустимого и это повторяется несколько циклов, дается разрешение на диагностику технического состояния. Диагностирование также осуществляется по результатам совпадения в нескольких циклах.

Совокупность известных признаков и новых создает новый технический эффект, который позволяет решить поставленную задачу, и, следовательно, решение соответствует критерию изобретения "технический уровень", и оно может быть признано изобретением.

Для осуществления способа используется несколько модифицированная под погружную установку классическая схема диагностики электрооборудования, в которую введен контроллер измерения мгновенных значений параметров потребляемой мощности ПЭД избыточно-частотной технологией и контроллер вычисления noise индикаторов и диагностики.

На фигуре проиллюстрирована принципиальная схема измерения параметров потребляемой мощности и ранней диагностики ПЭД; 1 - блок трансформаторов напряжения; 2 - блок измерительных трансформаторов тока с их выходными сопротивлениями для преобразования токов в пропорциональные напряжения; 3 - источник опорного напряжения; 4 - диагностируемый электродвигатель с заземленным корпусом; 5 - контроллер измерения мгновенных параметров потребляемой мощности ПЭД; 6 - контроллер вычисления noise индикаторов и диагностики.

Способ осуществляется следующим образом.

Предварительно в контроллере 6 создается база данных noise индикаторов для характерных технических состояний, принятых в качестве образцовых. Для этого сигналы токов и напряжений, измеренные контроллером 5 за время T и соответствующие определенному характеру работы ПЭД (бездефектному и с явными дефектами) в результате аналого-цифрового преобразования, разлагаются на сигналы $g(i\Delta t) = x(i\Delta t) + \varepsilon(i\Delta t)$ с шагом дискретностью Δt . Из этих сигналов определяются noise индикаторы, которые вносятся в базу данных. Причем в целях обнаружения в составе сигнала высокочастотных помех, порождаемых в результате повышения вибрации вследствие истощения механических ресурсов, измерение и оцифровка значений тока и напряжения осуществляются с избыточно-частотной технологией. Со временем, по мере эксплуатации ПЭД, база образцовых данных расширяется с появлением новых технических состояний, отличных от имеющихся в базе данных. Программа, заложенная в контроллер 5, непрерывно осуществляет избыточно-частотное измерение мгновенных значений сигналов токов и напряжений. Программа, заложенная в контроллер 6 периодичностью T , получает массив измеренных дан-

ных, мгновенных значений токов и напряжений, определяет значения noise индикаторов, осуществляет сравнение с индикаторами в базе данных и выдает результат диагностики на свой цифровой индикатор. Сумма мгновенных значений токов сравнивается с нулем и в случае ее отличия (в пределах погрешности измерительных приборов) принимается как нарушения изоляции обмоток двигателя. Глубина нарушения изоляции определяется значением отклонения суммы мгновенных значений токов от нуля. Полученные значения дисперсии и корреляции для каждого измеряемого параметра составляют базу диагностических индикаторов в количестве $(6 \times 4 = 24)$, т.е. по четыре индикатора для каждого измеряемого параметра в каждом цикле.

Заявляемый способ определения технического состояния электропогружных установок для добычи нефти решает техническую задачу ранней диагностики дефектного узла путем анализа характеристик помех в составе зашумленного сигнала в начале зарождения изменения в техническом состоянии оборудования. Этот способ получения диагностических индикаторов сигнала можно применять для ранней диагностики установки непрерывно и судить о техническом состоянии работающей установки, в том числе о возможности ее дальнейшей эксплуатации.

Литература

1. Положение о системе технического обслуживания и ремонта нефтепромыслового энергомеханического оборудования ОАО "Самотлорнефтегаз" по фактическому состоянию, РД 153-39. 1-046-00, Тюмень, Министерство топлива и энергетики России, 2000, п. 8.36, 8.37, рис.8.2.
2. RU 2206794 C1 2003.06.20. Кузьменко А.П. Способ диагностирования погружного электрического центробежного насоса.
3. Способ определения технического состояния электропогружных установок для добычи нефти. Патент РФ № 2213270, МПК F04D 15/00, опубл. 27.09.2003.
4. Telman Aliev, Robust Technology with Analysis of Interference in Signal Processing, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York (2003), 199 p.
5. Telman Aliev, Digital Noise Monitoring of Defect Origin, Springer-Verlag, London (2007), 235 p.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ определения начального периода изменения технического состояния электропогружной установки для добычи нефти, заключающийся в том, что циклически измеряют и регистрируют за промежуток времени, кратный периоду оборота ротора электродвигателя, мгновенные значения токов (i_A, i_B, i_C) и напряжений (u_A, u_B, u_C) всех фаз относительно искусственной нулевой точки, полученной с помощью фильтра напряжения нулевой последовательности, подключенного к зажимам питающего кабеля электродвигателя; измерение и оцифровку значений токов и напряжения осуществляют избыточно-частотной технологией, а каждый измеренный сигнал после дискретизации с периодом Δt представляется в виде:

$$g(i\Delta t) = x(i\Delta t) + \varepsilon(i\Delta t),$$

где $g(i\Delta t)$ - зашумленный сигнал,

$x(i\Delta t)$ - полезный сигнал без шума и

$\varepsilon(i\Delta t)$ - шум (помеха);

при этом если $g(i\Delta t)$ в количестве $2N$, т.е. $i \in [1, 2N]$, то характеристики (дисперсия и корреляция) сигнала и шума вычисляются по следующим выражениям:

дисперсия сигнала:

$$D_g = R_{gg}(\mu=0) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N g(i\Delta t)g(i\Delta t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N g^2(i\Delta t);$$

дисперсия шума в составе сигнала:

$$D_\varepsilon = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [g(i\Delta t)g(i\Delta t) - 2g(i\Delta t)g(i+2)\Delta t + g(i\Delta t)g(i+1)\Delta t];$$

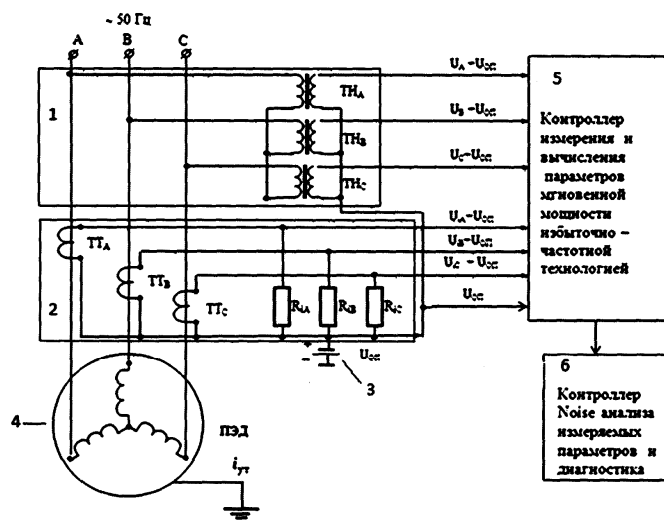
значения взаимной корреляции между сигналом и шумом:

$$R_{\varepsilon g}(\mu=0) \approx \frac{1}{2} [R_{gg}(\mu=0) - [R_{gg}(\mu=1) + (R_{gg}(\mu=2) - R_{gg}(\mu=3))] - D_\varepsilon];$$

значения помехокорреляции между сигналом и шумом:

$$R_{\varepsilon \varepsilon} = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N [g(i\Delta t)g(i\Delta t) - [g(i\Delta t)g((i+1)\Delta t) + g(i\Delta t)g((i+2)\Delta t) - g(i\Delta t)g((i+3)\Delta t)]];$$

если значения соответствующих индикаторов в последующих циклах отличаются от предыдущих, то это свидетельствует о начале изменения технического состояния, а сумму мгновенных значений токов сравнивают с нулем и в случае ее отличия, в пределах погрешности измерительных приборов, принимается как нарушение изоляции обмоток двигателя, глубина нарушения которой определяется значением отклонения суммы мгновенных значений токов от нуля.



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2