



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015157097/28, 30.12.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
30.12.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.12.2015

(45) Опубликовано: 27.06.2016 Бюл. № 18

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦЗИС, для Комшина
А.С. (МТ-4)

(72) Автор(ы):

Кудрявцев Евгений Александрович (RU),
Комшин Александр Сергеевич (RU),
Киселев Михаил Иванович (RU),
Пронякин Владимир Ильич (RU),
Сырицкий Антони Борисович (RU),
Потапов Константин Геннадьевич (RU),
Тумакова Екатерина Владимировна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана" (МГТУ
им. Н.Э. Баумана) (RU)(54) КОНСТРУКТИВНАЯ СХЕМА-2 РЕДУКТОРА С ИНДУКЦИОННЫМИ ДАТЧИКАМИ
КОНТРОЛЯ ИЗНОСА ЗУБЬЕВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

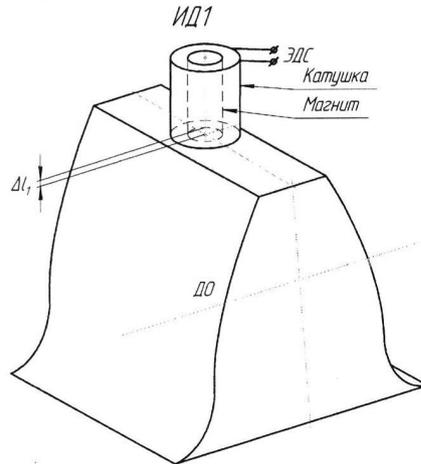
Формула полезной модели

1. Конструктивная схема редуктора с индукционными датчиками контроля износа зубьев зубчатых колес, в которой редуктор содержит ферромагнитные зубчатые передачи одного или разных типов с индукционными датчиками, закрепленными в корпусе редуктора вблизи диагностируемых по параметрам износа зубьев колес, не менее одного индукционного датчика для контроля параметров износа зубьев, а именно: параметров естественного абразивного износа рабочих поверхностей зубьев, их возможного выкрашивания и их возможной поломки, при этом оси магнитов и генераторные катушки индукционных датчиков расположены сверху над любыми точками вращающихся поверхностей вершин головок зубьев шестерен перпендикулярно этим поверхностям, а приемные поверхности магнитов находятся на расстоянии зазора от поверхности зубьев, отличающаяся тем, что индукционные датчики также расположены сбоку этих зубьев, оси магнитов и генераторные катушки датчиков расположены перпендикулярно боковым поверхностям зубьев шестерен в местах их пересечения с радиусами делительных окружностей этих шестерен, а приемные поверхности магнитов на расстоянии зазора от боковых поверхностей зубьев.

2. Схема по п. 1, отличающаяся тем, что минимальный зазор датчика от поверхности зубьев определен недопустимостью касания элементами датчика (магнитом и генераторной катушкой) поверхности зубьев и максимальными биениями вала колеса (шестерни), а максимальный зазор определен допустимым качеством сигнала генераторной катушки.

3. Схема по п. 1 или 2, отличающаяся тем, что в случае расположения нескольких датчиков вблизи друг друга их взаимное расположение определено практическим отсутствием взаимовлияния магнитных полей и сигналов датчиков.

4. Схема по п. 1, отличающаяся тем, что в случае проектирования встраивания датчиков в проектируемый редуктор привязка мест установки датчиков в корпусе редуктора возле диагностируемых колес обусловлена техническими и функциональными требованиями к проектируемому редуктору с индукционными датчиками контроля износа зубьев колес, а в случае встраивания датчиков в ранее изготовленный редуктор привязка мест установки датчиков в корпусе редуктора возле диагностируемых колес обусловлена конструктивной возможностью встраивания датчиков в корпус редуктора около колеса без необходимости внесения существенных изменений в геометрию конструкции корпуса редуктора.



Область техники

Полезная модель относится к области машиностроения и может быть использована при проектировании, эксплуатации и диагностике редукторов, включающих зубчатые передачи и требующих получения информации о реальном износе зубьев колес (шестерен) редуктора в реальном масштабе времени.

Уровень техники

Известен индукционный датчик (ИД) для диагностики зубчатых передач (заявка РФ RU 2013122814 (МПК G01M 13/02, G01B 7/287, опубл. 27.11.2014) с участием ряда авторов предлагаемой полезной модели).

Однако в указанной публикации заявки, посвященной именно ИД и способу диагностики зубчатых передач с его использованием, практически не было информации о конструктивной схеме мест установок ИД в зубчатых редукторах.

Известны зубчатые редукторы с датчиками контроля и распознавания дефектов в способе диагностирования зубчатых редукторов (патент РФ RU 2035714 (МПК G01M 15/00, опубл. 20.05.1995)).

Однако, в указанном изобретении рассмотрены не ИД, а другие типы датчиков (оптические, вибродатчики) и не показана конструктивная схема, где их надо ставить в редукторе.

Тематика контроля износа зубьев колес (или шестерен) редукторов с помощью ИД и последующего использования оригинального фазохронометрического подхода обработки сигналов ИД в реальном масштабе времени уже в течение ряда лет исследуется и предлагается к использованию в промышленности авторами предлагаемой полезной модели - сотрудниками кафедры «Метрологии и взаимозаменяемости» МГТУ им. Н.Э.Баумана. Конкретно в МГТУ им. Н.Э. Баумана при участии ряда ведущих отечественных отраслевых организаций и предприятий для РЖД разработан принципиально новый способ прецизионного измерения естественного износа шестерен редукторов из ферромагнитных металлов на базе фазохронометрического подхода. При этом измерение износа зубьев осуществляют в процессе вращения шестерни с помощью специальной измерительной системы, состоящей из ИД пассивного типа и портативного электронного блока обработки сигнала датчика. Датчик монтируется внутри редуктора. Результаты измерений получают в реальном масштабе времени в виде цифровых значений с точностью (разрешающей способностью) не хуже 0,001 мм. Предлагаемая разработка может реально и в кратчайшие сроки обеспечить переход многих отечественных машин и механизмов от планово-предупредительных ремонтов и обслуживания к ремонтам и обслуживанию по фактическому состоянию.

С учетом этого, наиболее близкими по сути являются описания аналогичных устройств в единичных по тематике журнальных статьях с участием одного из основных авторов предлагаемой полезной модели - ведущего инженера МГТУ им. Н.Э. Баумана Кудрявцева Е.А. («Новые возможности диагностики шестерен тяговых редукторов» (журнал «Железнодорожный транспорт», №12, 2014, С. 51-53); «Измерительный контроль износа рабочих поверхностей зубчатых колес в процессе эксплуатации» (журнал «Приборы», №6, 2014, С. 52-55).

В статьях (см. рис. 1 в обеих статьях) рассмотрены случаи редукторов, содержащих ферромагнитные зубчатые передачи одного или разных типов с индукционными датчиками, закрепленными в корпусе редуктора вблизи диагностируемых по параметрам износа зубьев шестерен, не менее одного индукционного датчика для контроля параметров износа зубьев, а именно: параметров естественного абразивного износа рабочих поверхностей зубьев, их возможного выкрашивания и их возможной поломки,

при этом оси магнитов и генераторные катушки индукционных датчиков расположены сверху над любыми точками вращающихся поверхностей вершин головок зубьев шестерен перпендикулярно этим поверхностям, а приемные поверхности магнитов находятся на расстоянии зазора от поверхности зубьев.

5 В этих статьях представлена только одна традиционная конструктивная схема установки ИД над зубьями колес (шестерен) и не рассмотрены альтернативные варианты других конструктивных схем установок ИД для контроля износа зубьев зубчатых колес.

Раскрытие полезной модели

10 Техническим результатом предлагаемой полезной модели является конструктивная схема редуктора с индукционными датчиками более надежного резервированного контроля износа зубьев зубчатых колес с альтернативным вариантом допустимых (или возможных) мест установок датчиков вблизи любого из контролируемых ферромагнитных зубчатых (прямозубых, косозубых, шевронных, червячных и т.п.) колес редуктора, а именно: в дополнение к установке датчиков сверху над зубьями 15 также еще установка датчиков сбоку этих зубьев. Иначе говоря, технический результат: дополнение одних ИД другими ИД для получения двойной совокупности сигналов для более надежного и достоверного определения одного и того же набора параметров износа зубьев (при условии, что есть места для установки ИД в редукторе и над зубьями и сбоку зубьев - а это более вероятно в случае проектирования редуктора с требованием 20 технического задания высокой надежности диагностики заданных колес редуктора).

Для достижения результата предлагается конструктивная схема редуктора с индукционными датчиками контроля износа зубьев зубчатых колес, редуктор содержит ферромагнитные зубчатые передачи одного или разных типов с индукционными датчиками, закрепленными в корпусе редуктора вблизи диагностируемых по параметрам 25 износа зубьев колес, не менее одного индукционного датчика для контроля параметров износа зубьев, а именно: параметров естественного абразивного износа рабочих поверхностей зубьев, их возможного выкрашивания и их возможной поломки, при этом оси магнитов и генераторные катушки индукционных датчиков расположены сверху над любыми точками вращающихся поверхностей вершин головок зубьев шестерен 30 перпендикулярно этим поверхностям, а приемные поверхности магнитов находятся на расстоянии зазора от поверхности зубьев. При этом датчики также расположены сбоку этих зубьев, оси магнитов и генераторные катушки датчиков расположены перпендикулярно боковым поверхностям зубьев шестерен в местах их пересечения с радиусами делительных окружностей этих шестерен, а приемные поверхности магнитов 35 на расстоянии зазора от боковых поверхностей зубьев.

Минимальный зазор датчика от поверхности зубьев определен недопустимостью касания элементами датчика (магнитом и генераторной катушкой ИД) поверхности зубьев и максимальными биениями вала колеса (шестерни), а максимальный зазор определен допустимым качеством сигнала генераторной катушки ИД.

40 В случае расположения нескольких датчиков вблизи друг друга их взаимное расположение определено практическим отсутствием взаимовлияния магнитных полей и сигналов датчиков.

В случае проектирования встраивания датчиков в проектируемый редуктор привязка мест установки датчиков в корпусе редуктора возле диагностируемых колес обусловлена 45 техническими и функциональными требованиями к проектируемому редуктору с индукционными датчиками контроля износа зубьев колес. А в случае встраивания датчиков в ранее изготовленный редуктор привязка мест установки датчиков в корпусе редуктора возле диагностируемых колес обусловлена конструктивной возможностью

встраивания датчиков в корпус редуктора около колеса без необходимости внесения существенных изменений в геометрию конструкции корпуса редуктора.

Перечень фигур

5 Фиг. 1 - традиционная конструктивная схема установки ИД над зубьями колеса из уровня техники;

Фиг. 2 - предлагаемая альтернативная конструктивная схема установки ИД и над зубьями колеса и сбоку этих зубьев;

Фиг. 3 - фотография типового корпуса зубчатого редуктора с ИД;

Фиг. 4 - фотография серийно выпускаемого ИД;

10 Фиг. 5 - фотография варианта исполнения блока обработки сигналов ИД;

Фиг. 6 - фотография рабочей «картинки» табло блока обработки сигналов ИД с фиг. 5 с текущим результатом измерения толщины зуба (модуль 10) по делительной окружности (ДО): 15,193 мм, износ 8,7%;

15 Фиг. 7 - фотографии зубьев: а) новой шестерни; б) изношенной шестерни; с) скол на 15-м зубе изношенной шестерни;

Фиг. 8 - круглограммы по высокоточному фазохронометрическому методу измерения зубьев с фиг. 7: а) новой шестерни; б) изношенной шестерни; с) скола на 15-м зубе.

Осуществление полезной модели

20 На фиг. 1 и фиг. 2 для наглядного сравнения представлены схема установки ИД над зубьями колеса из уровня техники и предлагаемая альтернативная схема установки ИД и над зубьями колеса и сбоку этих зубьев (прим.: аббревиатура ДО - это делительная окружность шестерни). Все элементы этих схем соответствуют условию промышленной применимости, а именно: на фиг. 3-6 представлены фотографии элементов схем: фиг. 3 - корпуса редуктора с ИД, фиг. 4 - серийно выпускаемого ИД; фиг. 5 - блока обработки 25 сигналов ИД; фиг. 6 - рабочая «картинка» табло блока обработки сигналов ИД с фиг. 5.

В настоящее время существуют разные варианты промышленно и серийно выпускаемых ИД для установки в редукторы для измерения износа зубьев шестерен: 30 одинарные, сдвоенные, с встроенной электронной платой. Одним из основных российских промышленных производителей таких ИД является ОАО «ЭЛАРА» (г. Чебоксары).

35 При этом также есть следующие усовершенствования самих ИД, чтобы упростить их использование в редукторе (например, минимум проводов и источников питания) минимизировать взаимовлияние их сигналов друг на друга (если они расположены рядом).

ИД могут быть простыми, включающими корпус (к которому предъявляются определенные и очень жесткие требования), и размещаемые в нем (прямоугольный, 40 или цилиндрический) магнит, намотанную на него генераторную катушку (ГК) из электропроводного материала (например, медного) провода (при этом межполюсная ось магнита и ось намотки ГК совпадают), провода коммутации и штепсельный разъем.

ИД могут быть комплексными, включающими помимо указанных выше, 45 дополнительные механические и электронные элементы (например, выпрямитель первичного сигнала, элементы подавления помех и т.д. размещение которых по тем или иным причинам целесообразно как можно ближе к ГК), и также размещенные в корпусе.

Если ИД являются пассивными, то съем первичной информации с них осуществляется постоянно с момента их установки и до изъятия по любой причине, и не требуют подачи питания. Результат измерения может индицироваться вахтовым методом с помощью

автономного переносного измерительного блока или передаваться по проводам или по радио на блок измерения и индикации, встроенный в АСУ или в интеллектуальную измерительную систему.

ИД могут быть составными, когда ИД выполняется в одном корпусе с блоком измерения и индикации полученного результата и размещаются на корпусе редуктора. Это полностью интегрированная измерительная система, которая для измерения, преобразования, обработки получаемого первичного сигнала и вывода его на экран может требовать дополнительного питания.

В качестве реального примера контроля шестерен редуктора с помощью ИД на фиг. 7 представлены типовые случаи зубьев шестерен: а) новой шестерни; б) изношенной шестерни; в) скола на 15-м зубе изношенной шестерни, а на фиг. 8 - соответствующие, так называемые круглограммы по высокоточному фазохронометрическому методу кафедры «Метрологии и взаимозаменяемости» МГТУ им. Н.Э. Баумана измерения зубьев в реальном времени для типовых случаев с фиг. 7: а) новой шестерни; б) изношенной шестерни; в) скола на 15-м зубе шестерни. При этом на фиг. 8 по кругу указаны номера зубьев, по вертикальной шкале - размер зуба (для фиг. 8а и б), на круглограмме фиг. 8в) по вертикальной шкале указано время в секундах. На новой шестерне виден значительный разброс величин измеренных значений ширины зуба (в пределах 1%). Такой разброс возможен вследствие неравномерности исходного состояния металла (включая и его структуру), размеров и поверхности зубьев, обусловленных технологией их заводского изготовления и термообработки. Большая равномерность износа зубьев изношенной шестерни, обусловлена их «притиркой» в процессе работы. Точность измерения износа зубьев на скоростях до 60 км/час лежит в пределах $\pm 0,15\%$ (против $\pm 0,5\%$ точности современных штангензубомеров). При этом очевидно, что изменения величины ЭДС при естественном износе рабочей поверхности зуба будут плавными, а все объемные изменения типа выкрашивания, или поломки зуба будут давать скачкообразные изменения ЭДС датчика. Это отчетливо продемонстрировано на фиг. 8в), где представлена реакция измерительной системы на скол 15-го зуба. В силу высокой чувствительности ИД к изменению объема проходящего мимо них металла, можно ожидать, что интеллектуальная система контроля с ними сможет реагировать на возникновение очень малых дефектов и осуществлять мониторинг их развития до размера, определяемого существующими нормами и требующего изъятия шестерни из зацепления. Исследовательские работы в этом направлении уже ведутся. Необходимо особо отметить, что заложенные в схему измерения износа зубьев технические решения допускают увеличение на порядок и более точность измерения, что при некоторых схемных изменениях может позволить использование единой системы для высокоточного непрерывного контроля нарезки зубьев шестерен с последующим контролем их же естественного износа в процессе эксплуатации. Предлагаемая система измерения отличается относительной простотой в изготовлении и эксплуатации и не содержит дефицитных компонент или материалов. Более подробно вопросы определения износа зубьев шестерен с помощью ИД рассмотрены в статье авторов предлагаемой полезной модели «К вопросу определения износа зубьев шестерни с помощью индукционного датчика» (сетевое научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана «Наука и Образование», электронный журнал, 2015, №06, С. 10-21, DOI: 10.7463/0615.0779329, <http://technomag.bmstu.ru>).

Предлагаемая полезная модель выполнена в рамках государственного задания в сфере научной деятельности №9.1265.2014/К и №2014/104 на выполнение работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части госзадания Минобрнауки России.

В рамках предлагаемой альтернативной конструктивной схемы редуктора с ИД дополнение одних ИД другими ИД имеет преимущество получения двойной совокупности сигналов датчиков для более надежного и достоверного определения одного и того же набора параметров износа зубьев (при условии, что есть места для
5 установки ИД в редукторе и над зубьями и сбоку зубьев - а это более вероятно в случае проектирования редуктора с требованием технического задания высокой надежности диагностики заданных колес редуктора).

Минимальный зазор датчика от поверхности зубьев определен недопустимостью касания элементами датчика (магнитом и генераторной катушкой) поверхности зубьев
10 и максимальными биениями вала колеса (шестерни), а максимальный зазор определен допустимым качеством сигнала генераторной катушки. Общий тренд для установки датчиков вблизи зубьев - с увеличением зазора уменьшается мощность измеряемого сигнала генераторной катушки и снижается точность измерения.

Как правило, для измерения износа зуба используют ИД с цилиндрической или
15 прямоугольной формой магнита, размеры которых определенным образом коррелируют с размерами диагностируемых зубьев. Для определения естественного износа зубьев обычно достаточно установить 1 датчик на 1 шестерню. Но если нужны контроль и диагностика выкрашивания зубьев, то надо ставить ИД другого типа, чтобы он позволял
20 "чувствовать или видеть" всю поверхность зубьев шестерни. Он, в частности, может быть и многосекционным, но выполненным в одном корпусе.

В случае расположения нескольких датчиков вблизи друг друга их взаимное расположение определено практическим отсутствием взаимовлияния магнитных полей и сигналов датчиков, на практике это условие с датчиками ОАО «ЭЛАРА» реализуется
на расстоянии от 1 мм до 3 мм поверхностей датчиков друг от друга.

Предлагаемая конструктивная схема легче может быть реализована в случае
25 проектирования встраивания датчиков в проектируемый редуктор, когда все части редуктора еще могут быть легко изменяемыми в процессе проектирования (в отличие от уже изготовленного редуктора) и привязка мест установки датчиков в корпусе редуктора возле диагностируемых колес обусловлена техническими и функциональными
30 требованиями к проектируемому редуктору с индукционными датчиками контроля износа зубьев колес.

В случае же встраивания датчиков в ранее изготовленный редуктор привязка мест
установки датчиков в корпусе редуктора возле диагностируемых колес может быть затруднена, так как обусловлена конструктивной возможностью встраивания датчиков
35 в корпус редуктора около диагностируемого колеса без необходимости внесения существенных изменений в геометрию конструкции корпуса редуктора.

(57) Реферат

Полезная модель относится к области машиностроения и может быть использована
40 при проектировании, эксплуатации и диагностике редукторов, включающих зубчатые передачи и требующих получения информации о реальном износе зубьев колес (шестерен) редуктора в реальном масштабе времени. Техническим результатом предлагаемой полезной модели является конструктивная схема редуктора с
индукционными датчиками более надежного резервированного контроля износа зубьев
45 зубчатых колес с альтернативным вариантом допустимых (или возможных) мест установок датчиков вблизи любого из контролируемых ферромагнитных зубчатых (прямозубых, косозубых, шевронных, червячных и т.п.) колес редуктора, а именно: в дополнение к установке датчиков сверху над зубьями также еще установка датчиков

сбоку этих зубьев. Иначе говоря, технический результат: дополнение одних ИД другими ИД для получения двойной совокупности сигналов для более надежного и достоверного определения одного и того же набора параметров износа зубьев (при условии, что есть места для установки ИД в редукторе и над зубьями и сбоку зубьев - а это более вероятно в случае проектирования редуктора с требованием технического задания высокой надежности диагностики заданных колес редуктора). Для достижения результата предлагается конструктивная схема редуктора с индукционными датчиками контроля износа зубьев зубчатых колес, редуктор содержит ферромагнитные зубчатые передачи одного или разных типов с индукционными датчиками, закрепленными в корпусе редуктора вблизи диагностируемых по параметрам износа зубьев колес, не менее одного индукционного датчика для контроля параметров износа зубьев, а именно: параметров естественного абразивного износа рабочих поверхностей зубьев, их возможного выкрашивания и их возможной поломки, при этом оси магнитов и генераторные катушки индукционных датчиков расположены сверху над любыми точками вращающихся поверхностей вершин головок зубьев шестерен перпендикулярно этим поверхностям, а приемные поверхности магнитов находятся на расстоянии зазора от поверхности зубьев. При этом датчики также расположены сбоку этих зубьев, оси магнитов и генераторные катушки датчиков расположены перпендикулярно боковым поверхностям зубьев шестерен в местах их пересечения с радиусами делительных окружностей этих шестерен, а приемные поверхности магнитов на расстоянии зазора от боковых поверхностей зубьев. 3 з.п. ф-лы, 8 ил.

25

30

35

40

45

Реферат

Конструктивная схема-2 редуктора с индукционными датчиками контроля износа зубьев зубчатых колес

Полезная модель относится к области машиностроения и может быть использована при проектировании, эксплуатации и диагностике редукторов, включающих зубчатые передачи и требующих получения информации о реальном износе зубьев колес (шестерен) редуктора в реальном масштабе времени. Техническим результатом предлагаемой полезной модели является конструктивная схема редуктора с индукционными датчиками более надежного резервированного контроля износа зубьев зубчатых колес с альтернативным вариантом допустимых (или возможных) мест установок датчиков вблизи любого из контролируемых ферромагнитных зубчатых (прямозубых, косозубых, шевронных, червячных и т.п.) колес редуктора, а именно: в дополнение к установке датчиков сверху над зубьями также еще установка датчиков сбоку этих зубьев. Иначе говоря, технический результат: дополнение одних ИД другими ИД для получения двойной совокупности сигналов для более надежного и достоверного определения одного и того же набора параметров износа зубьев (при условии, что есть места для установки ИД в редукторе и над зубьями и сбоку зубьев – а это более вероятно в случае проектирования редуктора с требованием технического задания высокой надежности диагностики заданных колес редуктора). Для достижения результата предлагается конструктивная схема редуктора с индукционными датчиками контроля износа зубьев зубчатых колес, редуктор содержит ферромагнитные зубчатые передачи одного или разных типов с индукционными датчиками, закрепленными в корпусе редуктора вблизи диагностируемых по параметрам износа зубьев колес, не менее одного индукционного датчика для контроля параметров износа зубьев, а именно: параметров естественного абразивного износа рабочих поверхностей зубьев, их возможного выкрашивания и их возможной поломки, при этом оси магнитов и генераторные катушки индукционных датчиков расположены сверху над любыми точками вращающихся поверхностей вершин головок зубьев шестерен перпендикулярно этим поверхностям, а приемные поверхности магнитов находятся на расстоянии зазора от поверхности зубьев. При этом датчики также расположены сбоку этих зубьев, оси магнитов и генераторные катушки датчиков расположены перпендикулярно боковым поверхностям зубьев шестерен в местах их пересечения с радиусами делительных окружностей этих шестерен, а приемные поверхности магнитов на расстоянии зазора от боковых поверхностей зубьев. 3 з.п.ф-лы, 8 ил.

Конструктивная схема-2 редуктора с индукционными датчиками контроля износа зубьев зубчатых колес

Область техники

Полезная модель относится к области машиностроения и может быть использована при проектировании, эксплуатации и диагностике редукторов, включающих зубчатые передачи и требующих получения информации о реальном износе зубьев колес (шестерен) редуктора в реальном масштабе времени.

Уровень техники

Известен индукционный датчик (ИД) для диагностики зубчатых передач (заявка РФ RU2013122814 (МПК G01M13/02, G01B7/287, опубл.27.11.2014) с участием ряда авторов предлагаемой полезной модели).

Однако в указанной публикации заявки, посвященной именно ИД и способу диагностики зубчатых передач с его использованием, практически не было информации о конструктивной схеме мест установок ИД в зубчатых редукторах.

Известны зубчатые редукторы с датчиками контроля и распознавания дефектов в способе диагностирования зубчатых редукторов (патент РФ RU2035714 (МПК G01M15/00, опубл. 20.05.1995)).

Однако, в указанном изобретении рассмотрены не ИД, а другие типы датчиков (оптические, вибродатчики) и не показана конструктивная схема, где их надо ставить в редукторе.

Тематика контроля износа зубьев колес (или шестерен) редукторов с помощью ИД и последующего использования оригинального фазохронометрического подхода обработки сигналов ИД в реальном масштабе времени уже в течение ряда лет исследуется и предлагается к использованию в промышленности авторами предлагаемой полезной модели – сотрудниками кафедры «Метрологии и взаимозаменяемости» МГТУ им. Н.Э.Баумана. Конкретно в МГТУ им. Н.Э. Баумана при участии ряда ведущих отечественных отраслевых организаций и предприятий для РЖД разработан принципиально новый способ прецизионного измерения естественного износа шестерен редукторов из ферромагнитных металлов на базе фазохронометрического подхода. При этом измерение износа зубьев осуществляют в процессе вращения шестерни с помощью специальной измерительной системы, состоящей из ИД пассивного типа и портативного электронного блока обработки сигнала датчика. Датчик монтируется внутри редуктора. Результаты измерений получают в реальном масштабе времени в виде цифровых значений с точностью (разрешающей способностью) не хуже 0,001 мм. Предлагаемая разработка может реально и в кратчайшие сроки обеспечить переход многих отечественных машин и механизмов от планово-предупредительных ремонтов и обслуживания к ремонтам и обслуживанию по фактическому состоянию.

С учетом этого, наиболее близкими по сути являются описания аналогичных устройств в единых по тематике журнальных статьях с участием одного из основных авторов предлагаемой полезной модели – ведущего инженера МГТУ им. Н.Э. Баумана Кудрявцева Е.А. («Новые возможности диагностики шестерен тяговых редукторов» (журнал «Железнодорожный транспорт», № 12, 2014, С.51-53); «Измерительный контроль износа рабочих поверхностей зубчатых колес в процессе эксплуатации» (журнал «Приборы», № 6, 2014, С.52-55).

В статьях (см. рис.1 в обеих статьях) рассмотрены случаи редукторов, содержащих ферромагнитные зубчатые передачи одного или разных типов с индукционными датчиками, закрепленными в корпусе редуктора вблизи диагностируемых по параметрам износа зубьев шестерен, не менее одного индукционного датчика для контроля параметров износа зубьев, а именно: параметров естественного абразивного износа рабочих поверхностей зубьев, их возможного выкрашивания и их возможной поломки, при этом оси магнитов и генераторные катушки индукционных датчиков расположены сверху над любыми точками вращающихся поверхностей вершин головок зубьев шестерен перпендикулярно этим поверхностям, а приемные поверхности магнитов находятся на расстоянии зазора от поверхности зубьев.

В этих статьях представлена только одна традиционная конструктивная схема установки ИД над зубьями колес (шестерен) и не рассмотрены альтернативные варианты других конструктивных схем установок ИД для контроля износа зубьев зубчатых колес.

Раскрытие полезной модели

Техническим результатом предлагаемой полезной модели является конструктивная схема редуктора с индукционными датчиками более надежного резервированного контроля износа зубьев зубчатых колес с альтернативным вариантом допустимых (или возможных) мест установок датчиков вблизи любого из контролируемых ферромагнитных зубчатых (прямозубых, косозубых, шевронных, червячных и т.п.) колес редуктора, а именно: в дополнение к установке датчиков сверху над зубьями также еще установка датчиков сбоку этих зубьев. Иначе говоря, технический результат: дополнение одних ИД другими ИД для получения двойной совокупности сигналов для более надежного и достоверного определения одного и того же набора параметров износа зубьев (при условии, что есть места для установки ИД в редукторе и над зубьями и сбоку зубьев – а это более вероятно в случае проектирования редуктора с требованием технического задания высокой надежности диагностики заданных колес редуктора).

Для достижения результата предлагается конструктивная схема редуктора с индукционными датчиками контроля износа зубьев зубчатых колес, редуктор содержит ферромагнитные зубчатые передачи одного или разных типов с индукционными датчиками, закрепленными в корпусе редуктора вблизи диагностируемых по параметрам износа зубьев колес, не менее одного индукционного датчика для контроля параметров износа зубьев, а

именно: параметров естественного абразивного износа рабочих поверхностей зубьев, их возможного выкрашивания и их возможной поломки, при этом оси магнитов и генераторные катушки индукционных датчиков расположены сверху над любыми точками вращающихся поверхностей вершин головок зубьев шестерен перпендикулярно этим поверхностям, а приемные поверхности магнитов находятся на расстоянии зазора от поверхности зубьев. При этом датчики также расположены сбоку этих зубьев, оси магнитов и генераторные катушки датчиков расположены перпендикулярно боковым поверхностям зубьев шестерен в местах их пересечения с радиусами делительных окружностей этих шестерен, а приемные поверхности магнитов на расстоянии зазора от боковых поверхностей зубьев.

Минимальный зазор датчика от поверхности зубьев определен недопустимостью касания элементами датчика (магнитом и генераторной катушкой ИД) поверхности зубьев и максимальными биениями вала колеса (шестерни), а максимальный зазор определен допустимым качеством сигнала генераторной катушки ИД.

В случае расположения нескольких датчиков вблизи друг друга их взаимное расположение определено практическим отсутствием взаимовлияния магнитных полей и сигналов датчиков.

В случае проектирования встраивания датчиков в проектируемый редуктор привязка мест установки датчиков в корпусе редуктора возле диагностируемых колес обусловлена техническими и функциональными требованиями к проектируемому редуктору с индукционными датчиками контроля износа зубьев колес. А в случае встраивания датчиков в ранее изготовленный редуктор привязка мест установки датчиков в корпусе редуктора возле диагностируемых колес обусловлена конструктивной возможностью встраивания датчиков в корпус редуктора около колеса без необходимости внесения существенных изменений в геометрию конструкции корпуса редуктора.

Перечень фигур

Фиг.1 – традиционная конструктивная схема установки ИД над зубьями колеса из уровня техники;

Фиг.2 – предлагаемая альтернативная конструктивная схема установки ИД и над зубьями колеса и сбоку этих зубьев;

Фиг.3 – фотография типового корпуса зубчатого редуктора с ИД;

Фиг.4 – фотография серийно выпускаемого ИД;

Фиг.5 – фотография варианта исполнения блока обработки сигналов ИД;

Фиг.6 – фотография рабочей «картинки» табло блока обработки сигналов ИД с фиг.5 с текущим результатом измерения толщины зуба (модуль 10) по делительной окружности (ДО): 15,193 мм, износ 8,7%;

Фиг.7 – фотографии зубьев: а) новой шестерни; б) изношенной шестерни; в) скол на 15-м зубе изношенной шестерни;

Фиг.8 – круглограммы по высокоточному фазохронометрическому методу измерения зубьев с фиг.7: а) новой шестерни; б) изношенной шестерни; с) скола на 15-м зубе.

Осуществление полезной модели

На фиг.1 и фиг.2 для наглядного сравнения представлены схема установки ИД над зубьями колеса из уровня техники и предлагаемая альтернативная схема установки ИД над зубьями колеса и сбоку этих зубьев (прим.: аббревиатура ДО – это делительная окружность шестерни). Все элементы этих схем соответствуют условию промышленной применимости, а именно: на фиг.3-6 представлены фотографии элементов схем: фиг.3 – корпуса редуктора с ИД, фиг.4 – серийно выпускаемого ИД; фиг.5 – блока обработки сигналов ИД; фиг.6 – рабочая «картинка» табло блока обработки сигналов ИД с фиг.5.

В настоящее время существуют разные варианты промышленно и серийно выпускаемых ИД для установки в редукторы для измерения износа зубьев шестерен: одинарные, сдвоенные, с встроенной электронной платой. Одним из основных российских промышленных производителей таких ИД является ОАО «ЭЛАРА» (г.Чебоксары).

При этом также есть следующие усовершенствования самих ИД, чтобы упростить их использование в редукторе (например, минимум проводов и источников питания) минимизировать взаимовлияние их сигналов друг на друга (если они расположены рядом).

ИД могут быть простыми, включающими корпус (к которому предъявляются определенные и очень жесткие требования), и размещаемые в нем (прямоугольный, или цилиндрический) магнит, намотанную на него генераторную катушку (ГК) из электропроводного материала (например, медного) провода (при этом межполюсная ось магнита и ось намотки ГК совпадают), провода коммутации и штепсельный разъем.

ИД могут быть комплексными, включающими помимо указанных выше, дополнительные механические и электронные элементы (например, выпрямитель первичного сигнала, элементы подавления помех и т.д. размещение которых по тем или иным причинам целесообразно как можно ближе к ГК), и также размещенные в корпусе.

Если ИД являются пассивными, то съем первичной информации с них осуществляется постоянно с момента их установки и до изъятия по любой причине, и не требуют подачи питания. Результат измерения может индицироваться вахтовым методом с помощью автономного переносного измерительного блока или передаваться по проводам или по радио на блок измерения и индикации, встроенный в АСУ или в интеллектуальную измерительную систему.

ИД могут быть составными, когда ИД выполняется в одном корпусе с блоком измерения и индикации полученного результата и размещаются на корпусе редуктора. Это полностью интегрированная измерительная система, которая для измерения, преобразования, обработки получаемого первичного сигнала и вывода его на экран может требовать дополнительного питания.

В качестве реального примера контроля шестерен редуктора с помощью ИД на фиг.7 представлены типовые случаи зубьев шестерен: а) новой шестерни; б) изношенной шестерни; с) скола на 15-м зубе изношенной шестерни, а на фиг.8 – соответствующие, так называемые круглограммы по высокоточному фазохронометрическому методу кафедры «Метрологии и взаимозаменяемости» МГТУ им. Н.Э.Баумана измерения зубьев в реальном времени для типовых случаев с фиг.7: а) новой шестерни; б) изношенной шестерни; с) скола на 15-м зубе шестерни. При этом на фиг.8 по кругу указаны номера зубьев, по вертикальной шкале - размер зуба (для фиг.8 а и б), на круглограмме фиг.8 с) по вертикальной шкале указано время в секундах. На новой шестерне виден значительный разброс величин измеренных значений ширины зуба (в пределах 1%). Такой разброс возможен вследствие неравномерности исходного состояния металла (включая и его структуру), размеров и поверхности зубьев, обусловленных технологией их заводского изготовления и термообработки. Большая равномерность износа зубьев изношенной шестерни, обусловлена их «притиркой» в процессе работы. Точность измерения износа зубьев на скоростях до 60 км/час лежит в пределах $\pm 0,15\%$ (против $\pm 0,5\%$ точности современных штангензубомеров). При этом очевидно, что изменения величины ЭДС при естественном износе рабочей поверхности зуба будут плавными, а все объёмные изменения типа выкрашивания, или поломки зуба будут давать скачкообразные изменения ЭДС датчика. Это отчетливо продемонстрировано на фиг.8 с), где представлена реакция измерительной системы на скол 15-го зуба. В силу высокой чувствительности ИД к изменению объема проходящего мимо них металла, можно ожидать, что интеллектуальная система контроля с ними сможет реагировать на возникновение очень малых дефектов и осуществлять мониторинг их развития до размера, определяемого существующими нормами и требующего изъятия шестерни из зацепления. Исследовательские работы в этом направлении уже ведутся. Необходимо особо отметить, что заложенные в схему измерения износа зубьев технические решения допускают увеличение на порядок и более точность измерения, что при некоторых схемных изменениях может позволить использование единой системы для высокоточного непрерывного контроля нарезки зубьев шестерен с последующим контролем их же естественного износа в процессе эксплуатации. Предлагаемая система измерения отличается относительной простотой в изготовлении и эксплуатации и не содержит дефицитных компонент или материалов. Более подробно вопросы определения износа зубьев шестерен с помощью ИД рассмотрены в статье авторов предлагаемой полезной модели «К вопросу определения износа зубьев шестерни с помощью индукционного датчика» (сетевое научное издание МГТУ им. Н.Э.Баумана «Наука и Образование», электронный журнал, 2015, № 06, С.10-21, DOI: 10.7463/0615.0779329, <http://technomag.bmstu.ru>).

Предлагаемая полезная модель выполнена в рамках государственного задания в сфере научной деятельности № 9.1265.2014/К и № 2014/104 на выполнение работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части госзадания Минобрнауки России.

В рамках предлагаемой альтернативной конструктивной схемы редуктора с ИД дополнение одних ИД другими ИД имеет преимущество получения двойной совокупности сигналов датчиков для более надежного и достоверного определения одного и того же набора параметров износа зубьев (при условии, что есть места для установки ИД в редукторе и над зубьями и сбоку зубьев – а это более вероятно в случае проектирования редуктора с требованием технического задания высокой надежности диагностики заданных колес редуктора).

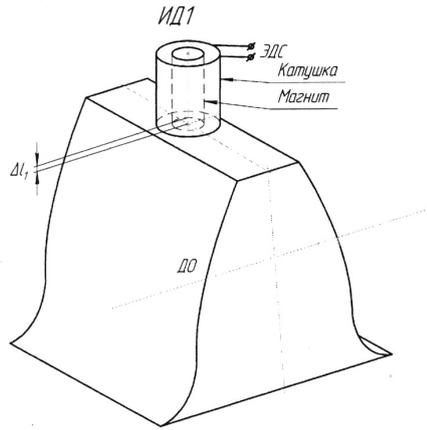
Минимальный зазор датчика от поверхности зубьев определен недопустимостью касания элементами датчика (магнитом и генераторной катушкой) поверхности зубьев и максимальными биениями вала колеса (шестерни), а максимальный зазор определен допустимым качеством сигнала генераторной катушки. Общий тренд для установки датчиков вблизи зубьев - с увеличением зазора уменьшается мощность измеряемого сигнала генераторной катушки и снижается точность измерения.

Как правило, для измерения износа зуба используют ИД с цилиндрической или прямоугольной формой магнита, размеры которых определенным образом коррелируют с размерами диагностируемых зубьев. Для определения естественного износа зубьев обычно достаточно установить 1 датчик на 1 шестерню. Но если нужны контроль и диагностика выкрашивания зубьев, то надо ставить ИД другого типа, чтобы он позволял "чувствовать или видеть" всю поверхность зубьев шестерни. Он, в частности, может быть и многосекционным, но выполненным в одном корпусе.

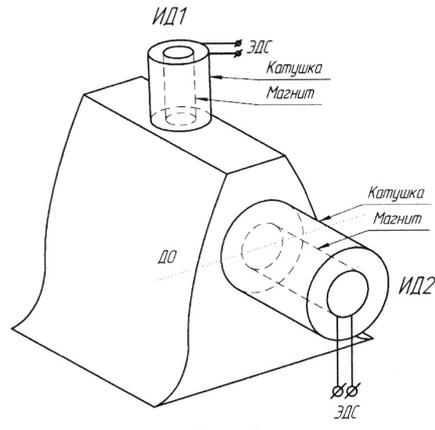
В случае расположения нескольких датчиков вблизи друг друга их взаимное расположение определено практическим отсутствием взаимовлияния магнитных полей и сигналов датчиков, на практике это условие с датчиками ОАО «ЭЛАРА» реализуется на расстоянии от 1 мм до 3 мм поверхностей датчиков друг от друга.

Предлагаемая конструктивная схема легче может быть реализована в случае проектирования встраивания датчиков в проектируемый редуктор, когда все части редуктора еще могут быть легко изменяемыми в процессе проектирования (в отличие от уже изготовленного редуктора) и привязка мест установки датчиков в корпусе редуктора возле диагностируемых колес обусловлена техническими и функциональными требованиями к проектируемому редуктору с индукционными датчиками контроля износа зубьев колес.

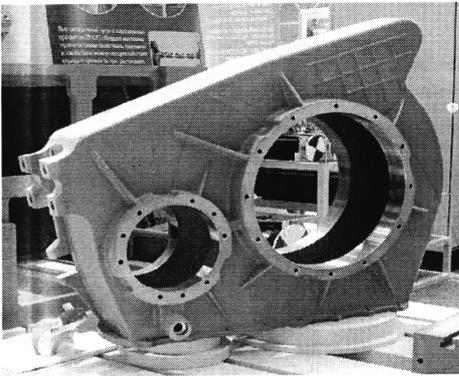
В случае же встраивания датчиков в ранее изготовленный редуктор привязка мест установки датчиков в корпусе редуктора возле диагностируемых колес может быть затруднена, так как обусловлена конструктивной возможностью встраивания датчиков в корпус редуктора около диагностируемого колеса без необходимости внесения существенных изменений в геометрию конструкции корпуса редуктора.



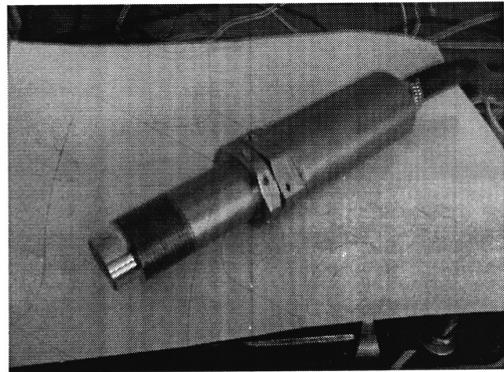
Фиг.1



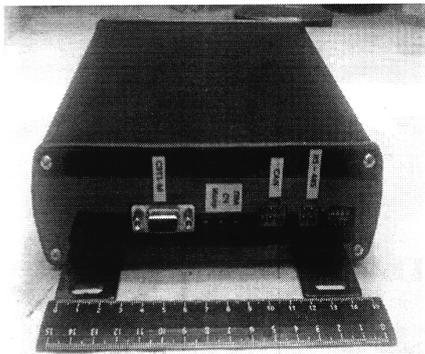
Фиг.2



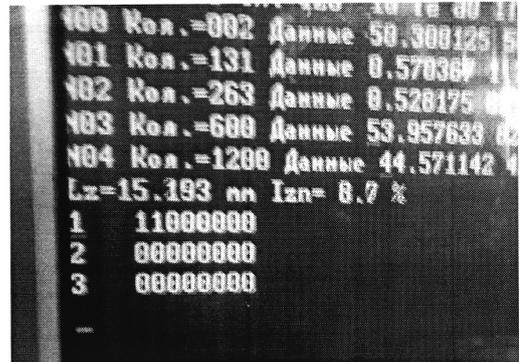
Фиг.3



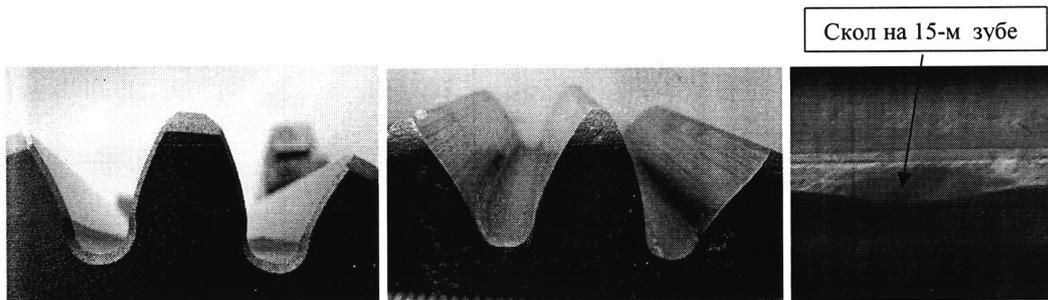
Фиг.4



Фиг.5



Фиг.6

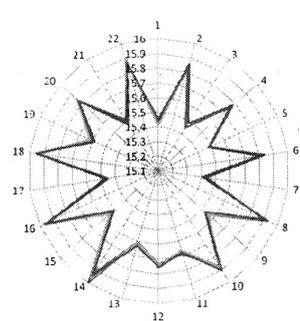


а)

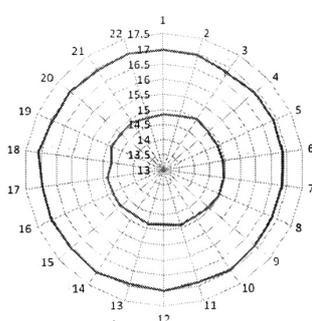
б)

с)

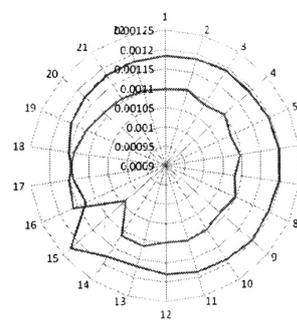
Фиг.7



а)



б)



с)

Фиг.8