

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2425391

СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПО ЕГО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ

Патентообладатель(ли): *Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский
государственный горный институт имени Г.В. Плеханова
(технический университет)" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2009142082

Приоритет изобретения 16 ноября 2009 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре
изобретений Российской Федерации 27 июля 2011 г.

Срок действия патента истекает 16 ноября 2029 г.

*Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной
собственности, патентам и товарным знакам*

Б.П. Симонов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(51) МПК

G01R31/34 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2009142082/28,**
16.11.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия
патента: **16.11.2009**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **16.11.2009**

(45) Опубликовано: **27.07.2011**

(56) Список документов, цитированных в
отчете о поиске: **RU 2300116 C2,**
27.06.2007. RU 2339049 C1, 20.11.2008. RU
2209442 C2, 20.09.2007. RU 2306538 C1,
20.09.2007. US 6507797 B1, 14.01.2003. US
5629870 A, 13.05.1997. JP 200184658 A,
30.06.2000.

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21
линия, 2, СПГГИ (ТУ), отдел
интеллектуальной собственности и
трансфера технологий (отдел ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

Козярук Анатолий Ефтихиевич (RU),
Жуковский Юрий Леонидович (RU),
Черемушкина Маргарита Сергеевна (RU),
Коржев Александр Александрович (RU),
Кривенко Александр Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное образовательное
учреждение высшего
профессионального образования
"Санкт-Петербургский государственный
горный институт имени Г.В. Плеханова
(технический университет)" (RU)

(54) СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПО ЕГО
ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области диагностики технического состояния электродвигателей, например приводных двигателей горно-транспортных машин, приводных двигателей скважинных погружных насосов. Сущность: в трех фазах электродвигателя производят непрерывное измерение питающего напряжения и фазного тока. По сигналам мгновенных значений тока и напряжения производят непрерывное вычисление мгновенных значений потребляемых мощностей. Рассчитывают значение средней мощности за период, производят построение спектрограмм потребляемых мощностей. Производят расчет величины потерь энергии в двигателе на каждой из частот спектра. Оценку технического состояния двигателя осуществляют путем сравнения полученных спектрограмм потерь с аналогичными спектрограммами, полученными на заведомо исправном двигателе. Технический результат: повышение точности и достоверности диагностирования повреждений элементов электропривода за счет учета влияния нагрузки диагностируемого двигателя, носящей случайный характер.

Изобретение относится к области диагностики технического состояния электродвигателей по их электрическим параметрам и может применяться для диагностики электродвигателей различного типа, работающих в сложных условиях, в том числе и когда непосредственный доступ к диагностируемому двигателю затруднен или невозможен, например для приводных двигателей горно-транспортных

машин, приводных двигателей скважинных погружных насосов.

Известен способ определения технического состояния (диагностики) электродвигателя (патент РФ № 2213270), при котором регистрируют и анализируют сигнал, порождаемый вибрацией электродвигателя, при этом также регистрируют сигнал от переменной составляющей суммы фазных токов питания, анализируют форму и амплитуду полученного сигнала и, сравнивая со значениями предыдущих измерений, делают вывод от возможности дальнейшей эксплуатации.

Недостатками этого способа является то, что он требует непосредственного доступа к диагностируемому двигателю, а также не позволяет с достаточной достоверностью выявить конкретный вид повреждения.

Известен способ функциональной диагностики асинхронных двигателей (патент РФ № 2351048), согласно которому контролируются две величины - сопротивление изоляции обмоток статора относительно корпуса электродвигателя и отношение полных сопротивлений обмоток для каждой пары обмоток электродвигателя.

Недостатками данного способа являются применимость только для отдельных типов повреждений электродвигателя, связанных с возникновением несимметрии сопротивлений обмоток статора, и неприменимость к иным типам повреждений, например к повреждениям обмоток ротора.

Известен способ диагностики электродвигателей переменного тока и связанных с ними механических устройств (патент РФ № 2300116), основанный на анализе потребляемого двигателем тока. Сущность этого способа состоит в том, что в течение заданного промежутка времени производят запись значений фазного тока, потребляемого электродвигателем, с помощью датчика с линейной амплитудно-частотной характеристикой, выделяют анализируемые характерные частоты с помощью фильтра низких частот, преобразуют полученный сигнал из аналоговой в цифровую форму, а затем производят спектральный анализ полученного сигнала и сравнение значений амплитуд на характерных частотах с уровнем сигнала на частоте питающей сети.

Недостатком данного способа является то, что он не учитывает влияние на спектр потребляемого тока характера нагружения электродвигателя и не учитывает возможную электромагнитную несимметрию диагностируемого двигателя. Кроме того, данный способ диагностики ориентирован только на электродвигатели переменного тока.

Известен способ диагностики электродвигателей переменного тока и связанных с ними механических устройств (патент РФ № 2339049), основанный на анализе амплитуды векторов Парка тока и напряжения, выбираемый в качестве прототипа. Согласно данному способу производят в течение заданного промежутка времени запись значений и питающего напряжения и фазного тока, потребляемого электродвигателем, с помощью датчика с линейной амплитудно-частотной характеристикой, выделяют анализируемые характерные частоты с помощью фильтра низких частот, преобразуют полученный сигнал из аналоговой в цифровую форму, формируют с помощью вычислительных средств спектры модуля вектора Парка тока и напряжения и производят вычисление спектральных составляющих, присутствующих в спектре вектора Парка тока и отсутствующих в спектре вектора Парка напряжения, по величине которых производится диагностика повреждений.

Недостатком данного способа является то, что он не учитывает влияние на спектр потребляемого тока характера нагружения электродвигателя и ориентирован только на двигатели переменного тока.

Технической задачей данного изобретения является создание эффективного и удобного способа диагностирования технического состояния электродвигателей, работающих в сложных условиях, в том числе в случаях, когда непосредственный доступ к диагностируемому двигателю невозможен.

Технический результат состоит в повышении точности и достоверности диагностирования повреждений элементов электропривода за счет учета влияния нагрузки диагностируемого двигателя, носящей случайный характер.

Технический результат достигается тем, что по сигналам мгновенных значений тока и напряжения производят непрерывное вычисление мгновенных значений потребляемых мощностей, рассчитывают значение средней мощности за период, производят построение спектрограмм потребляемых мощностей и производят расчет величины потерь энергии в двигателе на каждой из частот спектра, при этом оценку технического состояния двигателя осуществляют путем сравнения полученных спектрограмм потерь с аналогичными спектрограммами, полученными на заведомо исправном двигателе.

Сущность изобретения заключается в том, что производят запись в течение заданного промежутка времени значений питающего напряжения и фазного тока, потребляемого электродвигателем, с помощью датчика с линейной амплитудно-частотной характеристикой, выделение анализируемых характерных частот с помощью фильтра низких частот, преобразование полученных сигналов из аналоговой в цифровую форму, а также по сигналам мгновенных значений тока и напряжения производят непрерывное вычисление мгновенных значений потребляемых мощностей, рассчитывают значение средней мощности за период, производят построение спектрограмм потребляемых мощностей и производят расчет величины потерь энергии в двигателе на каждой из частот спектра, при этом оценку технического состояния двигателя осуществляют путем сравнения полученных спектрограмм потерь с аналогичными спектрограммами, полученными на заведомо исправном двигателе.

Техническое состояние электродвигателя характеризуется, прежде всего, относительной величиной потерь в них энергии:

$$\Delta p = \frac{P_{\text{вх}} - P_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}}} = 1 - \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{вых}}$ - отдаваемая мгновенная механическая мощность, Вт; $P_{\text{вх}}$ - потребляемая мгновенная электрическая мощность, Вт.

Сигнал мгновенной мощности в общем случае содержит множество гармонических составляющих, поэтому можно записать:

$$\Delta p = 1 - \frac{P_{\text{вых}}}{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N P_{mn}}, \quad (2)$$

где M - число обмоток двигателя, N - номер гармоники, P_{mn} - мощность n -й гармоники в спектре мощности m -й фазы, Вт.

Сигнал относительных потерь, как и сигнал мгновенной мощности, может быть разложен в ряд Фурье. При этом величину относительных потерь можно представить в виде:

$$\Delta p = \sum_{n=1}^N \Delta p_{mn}, \quad (3)$$

где Δp_{mn} - потери энергии, приходящиеся на N -ю гармонику в обмотке фазы M двигателя.

Так как гармоники мощности содержат составляющие с частотами в два раза выше, чем гармоники потребляемого тока (так как мощность пропорциональна квадрату тока), то и для спектра потери частоты, соответствующие различным видам повреждений, будут в два раза выше, чем соответствующие частоты в спектре тока.

Величина нагрузки двигателя $P_{\text{вых}}$ является случайной функцией времени. Поэтому, в начале эксплуатации, на заведомо исправном двигателе, производится определение средней за период мощности двигателя $P_{\text{вых.ср}}$ при типовой нагрузке, а также производят оценку максимального $P_{\text{вых.мах}}$ и минимального $P_{\text{вых.мин}}$ значения средней потребляемой мощности за период так, чтобы вероятность попадания мгновенной мощности двигателя в интервал $P_{\text{вых.ср}} \in [P_{\text{вых.мин}}, P_{\text{вых.мах}}]$ была не менее 97%.

Далее для среднего значения мощности за период снимаются зависимости мгновенной мощности от времени $P_{\text{вых}}(t)$, производится преобразование Фурье полученного сигнала, и определяют величину отдельных гармонических составляющих на частотах спектра.

По формуле (2) рассчитывают полные суммарные потери энергии в двигателе, и выделяют их отдельные гармонические составляющие, при этом в качестве $P_{\text{вых}}$ используется расчетное значение отдаваемой мощности, по которому был произведен выбор мощности двигателя, либо, если последнее неизвестно, номинальное значение отдаваемой мощности.

В дальнейшем непрерывно производится измерение потребляемой двигателем мощности, производят определение средней мощности за период $P_{\text{вых.ср}}$, а также оценку максимального $P_{\text{вых.мах}}$ и минимального $P_{\text{вых.мин}}$ значения средней потребляемой мощности за период, чтобы определить соответствие режима работы привода тому, при котором потери определялись для заведомо исправного двигателя в начальный период эксплуатации. Также одновременно производится анализ показателей качества электрической энергии в соответствии с ГОСТ 13109-97, поскольку при отклонении показателей качества электроэнергии от допустимых значений потери энергии в двигателе возрастают. Далее для среднего значения потребляемой мощности за период вычисляется общая величина потерь по формуле (2). Если величина потерь превосходит величину, полученную при заведомо исправном состоянии двигателя, то состояние двигателя изменилось. В этом случае производят сравнение спектров потерь исправного и неисправного двигателя, при этом отдельные гармонические составляющие спектра потерь несут информацию о виде и степени повреждения.

Формула изобретения

Способ диагностики технического состояния электродвигателя по электрическим параметрам, включающий запись в течение заданного промежутка времени значений питающего напряжения и фазного тока, потребляемого электродвигателем, с помощью датчика с линейной амплитудно-частотной характеристикой, преобразование полученных сигналов из аналоговой в цифровую форму, отличающийся тем, что по сигналам мгновенных значений тока и напряжения производят непрерывное вычисление мгновенных значений потребляемых мощностей, рассчитывают значение средней мощности за период, производят построение спектрограмм потребляемых мощностей и производят расчет величины потерь энергии в двигателе на каждой из частот спектра, при этом оценку технического состояния двигателя осуществляют путем сравнения полученных спектрограмм потерь с аналогичными спектрограммами, полученными на заведомо исправном двигателе.