

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2532762

СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ И ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Патентообладатель(ли): *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный минерально-сырьевой университет "Горный" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2013135607

Приоритет изобретения 29 июля 2013 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 11 сентября 2014 г.

Срок действия патента истекает 29 июля 2033 г.

Врио руководителя Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Л.Л. Кирий





**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013135607/28, 29.07.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.07.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.07.2013

(45) Опубликовано: 10.11.2014 Бюл. № 31

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2425390 C1 27.07.2011. RU 2431152 C2 10.10.2011. RU 2213270 C2 27.09.2003. US 4536686 A 20.08.1985. US 4533862 A 06.08.1985

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
ФГБОУ ВПО "Национальный минерально-сырьевой университет "Горный", отдел ИС и ТТ

(72) Автор(ы):

**Жуковский Юрий Леонидович (RU),
Таранов Сергей Игоревич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

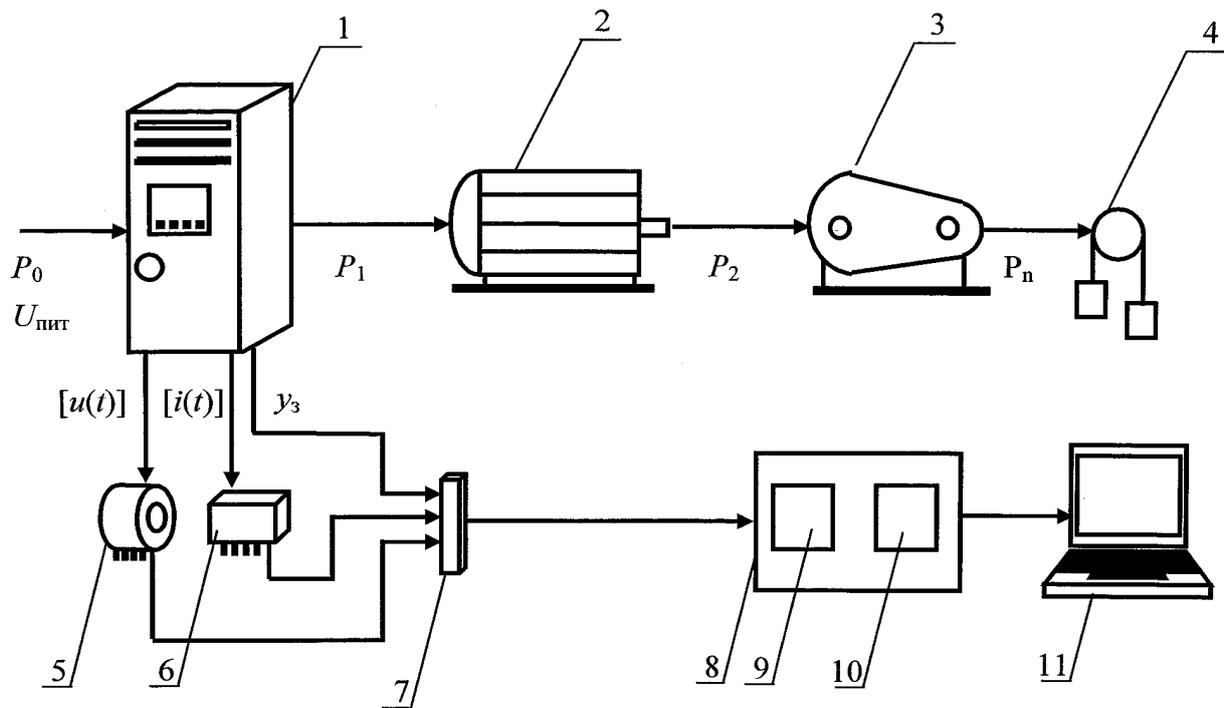
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный минерально-сырьевой университет "Горный" (RU)

(54) СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ И ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

(57) Реферат:

Изобретение относится к диагностике технического состояния силового электрооборудования. Осуществляют запись зависимостей от времени напряжения и тока, потребляемых электродвигателем, выполняемую с помощью датчиков напряжения. Обрабатывают сигналы фильтром низких частот. Определяют расхождение амплитуд сигналов токов, напряжений и мощности каждой фазы. Рассчитывают коэффициенты несимметрии тока, напряжений, мощности и коэффициенты гармонических колебаний, используя фильтр низких частот. Отфильтровывают спектр

исследуемых частот от общего сигнала. Затем определяют уровень влияния качества питающего напряжения в части наличия несимметрии, импульсов перенапряжения и высших гармонических составляющих и на основе получаемых данных с учетом текущего задания выходной координаты определяют техническое состояние электропривода и оценивают остаточный ресурс. Технический результат заключается в повышении эффективности обнаружения неисправности на ранней стадии возникновения. 1 ил.



Фиг.1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2013135607/28, 29.07.2013

(24) Effective date for property rights:
29.07.2013

Priority:

(22) Date of filing: 29.07.2013

(45) Date of publication: 10.11.2014 Bull. № 31

Mail address:

199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 linija, 2, FGBOU
VPO "Natsional'nyj mineral'no-syr'evoj universitet
"Gornyj", otdel IS i TT

(72) Inventor(s):

Zhukovskij Jurij Leonidovich (RU),
Taranov Sergej Igorevich (RU)

(73) Proprietor(s):

federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija "Natsional'nyj
mineral'no-syr'evoj universitet "Gornyj" (RU)

(54) **METHOD TO DIAGNOSE AND ASSESS RESIDUAL RESOURCE OF AC ELECTRIC DRIVES**

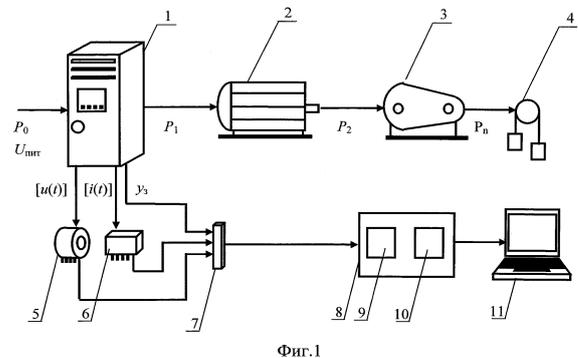
(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: invention is related to diagnostics of the power equipment technical state. Dependencies of voltage and current consumed by the motor on time are recorded by voltage sensors. Signals are processed by low-frequency filter. Divergence of amplitude of current signals, voltage and power is determined for each phase. Unbalance factors of currents, voltage, power and harmonic oscillation factors are calculated using the low-frequency filter. The surveyed frequency spectrum is filtered from the general signal. Then level of supply voltage quality is determined as related to available unbalance, voltage surges and higher harmonic components, and against the received data considering the current output coordinate technical state of the

electric drive is determined and residual life is assessed.
EFFECT: improved efficiency of failure detection at early stage.

1 dwg



C 1
2 5 3 2 7 6 2
R U

R U
2 5 3 2 7 6 2
C 1

Изобретение относится к диагностике технического состояния силового электрооборудования и может применяться для диагностики электрических приводов, работающих в тяжелых условиях и размещенных в труднодоступных местах.

Известен способ диагностики электродвигателей переменного тока и связанных с ним механических устройств (патент РФ №2300116, МПК G01R 31/34), основанный на спектральном анализе потребляемого электродвигателем тока. Недостатком данного способа является то, что в нем не учитывается влияние на спектр сигнала величины и характера нагрузки электропривода, а также влияние показателей качества электроэнергии, особенно при питании электродвигателя от статического силового преобразователя.

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.

Недостатком данного способа является 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 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.

Недостатком 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 диагностики и прогнозирования остаточного ресурса взрывозащищенного электропривода насосно-компрессорного оборудования нефтехимических производств (патент РФ №2431152). Сущность способа заключается в записи в течение заданного интервала времени значений фазных токов и напряжений электродвигателя, их разложение на гармонические составляющие и измерение амплитуды и фазы гармонических составляющих, при этом производится фильтрация гармонических составляющих, поступающих из сети. По совокупности параметров гармонических составляющих с помощью искусственной нейронной сети производится идентификация технического состояния и прогнозирование ресурса безаварийной работы диагностируемого объекта.

Недостатком данного способа является то, что при определении остаточного ресурса анализируются только гармонические составляющие напряжения, генерируемые только двигателем электропривода, а составляющие, генерируемые сетью питающего напряжения, отфильтровываются и не рассматриваются. Однако значительные искажения питающего напряжения, которые имеют нерегулярный характер, обусловленный изменением режима работы двигателя, непостоянством нагрузки, наличием статических преобразователей, а также характеристиками питающей сети, негативно сказываются на изоляции диагностируемого оборудования, вызывая ее преждевременное старение, что, в свою очередь, может привести к пробое изоляции и выходу из строя оборудования.

Известен способ диагностики и оценки остаточного ресурса электроприводов

переменного тока (патент РФ №2425390), выбранный в качестве прототипа, основанный на записи зависимостей от времени тока и напряжения, потребляемых электродвигателем, выполняемой с помощью датчиков напряжения и тока с последующим пропусканием через фильтр низких частот.

5 Недостатком указанного способа является то, что он использует фильтр низких частот для преобразования поступающего сигнала.

Технический результат заключается в повышении эффективности обнаружении неисправности на ранней стадии возникновения при помощи программного обеспечения, позволяющего убрать ненужный спектр частот, что приведет к повышению качества
10 обработки полученных данных и более точному определению остаточного ресурса электропривода переменного тока. Также помимо точности системы повышается ее надежность за счет исключения одного функционального узла и переноса его функций в ранее существовавший блок - персональный компьютер.

Указанный технический результат достигается тем, что в известном способе
15 диагностики и оценки остаточного ресурса электроприводов переменного тока, в котором путем записи зависимостей от времени напряжения и тока потребляемых электродвигателем, выполняемой с помощью датчиков напряжения и тока с последующим пропусканием через фильтр низких частот, определяется техническое состояние электропривода и оценивается его остаточный ресурс, в предлагаемом способе
20 определяется расхождение амплитуд сигналов токов, напряжений и мощности каждой фазы, рассчитываются коэффициенты несимметрии тока, напряжений, мощности и коэффициенты гармонических колебаний, с помощью программного обеспечения, используемого в качестве фильтра низких и высоких частот, отфильтровывается спектр исследуемых частот от общего сигнала, затем определяется уровень влияния качества
25 питающего напряжения в части наличия несимметрии, импульсов перенапряжения и высших гармонических составляющих и при помощи программного обеспечения на основе получаемых данных, с учетом текущего задания выходной координаты, определяется техническое состояние электропривода и оценивается остаточный ресурс.

Благодаря пропусканию полученных сигналов тока и напряжения через программный
30 фильтр высоких и низких частот повышается качество обработки полученных данных, точность определения остаточного ресурса электропривода переменного тока, а также надежность системы.

Повышение качества обработки полученных данных и точность определения остаточного ресурса достигается за счет фильтрации полученных сигналов тока и
35 напряжения через программный фильтр низких и высоких частот, поскольку амплитуда гармоник зависит не только от степени проявления дефекта, а также от напряжения питания. Если качество сетевого напряжения невысокое, то спектральный состав фазных напряжений сильно отличается от идеального, в нем появляются высокочастотные гармоники. При этом искажения напряжения питания могут носить нерегулярный
40 характер, что, в свою очередь, приводит к ошибочной оценке остаточного ресурса двигателя переменного тока.

Надежность системы достигается за счет исключения одного функционального узла - «фильтр низких частот» и переноса его функции в ранее существовавший блок -
«персональный компьютер», где на языке графического программирования
45 осуществляют фильтрацию полученных сигналов тока и напряжения на низких и высоких частотах.

Согласно изобретению в персональном компьютере на языке графического программирования осуществляют фильтрацию полученных сигналов тока и напряжения

на низких и высоких частотах, производят вычисление мгновенных мощностей каждой фазы, производят спектральный анализ полученных сигналов напряжения, тока и мощности, рассчитывают коэффициенты несимметрии (тока, напряжений, мощности) и коэффициенты гармоник (тока и мощности), на основе известной величины отдаваемой мощности электропривода с учетом текущего задания выходной координаты вычисляют величину потерь электрической энергии, определяется техническое состояние электропривода и оценивают остаточный ресурс путем сравнения с эталонными сигналами, полученными на заведомо исправном агрегате.

Предлагаемый способ поясняется чертежом, где показана принципиальная схема измерительного комплекса, на основе которой реализуется предлагаемый способ. Измерительный комплекс содержит следующее оборудование. 5 - датчик тока; 6 - датчик напряжения; 7 - сумматор сигнала; 8 - устройство сбора данных; 9 - устройство выборки хранения; 10 - аналого-цифровой преобразователь; 11 - портативный компьютер. Также на фиг.1 изображены: 1 - статический силовой преобразователь; 2 - электрический двигатель; 3 - механический преобразователь; 4 - рабочий орган. Символами на фиг.1 обозначены: P_0 - мощность на входе статического преобразователя, P_1 - мощность питания электродвигателя, P_2 - мощность на входе механического преобразователя, P_n - мощность, поступающая на рабочий орган, $[u(t)]$ - измеряемый сигнал фазных напряжений в фазах А, В, С, $[i(t)]$ - измеряемый сигнал фазных токов в фазах А, В, А, u_3 - сигнал задания (мощности, координаты, момента).

Способ диагностики и оценки остаточного ресурса электроприводов переменного тока реализуется следующим образом.

На вход статического силового преобразователя 1 из питающей сети поступает мощность P_0 , который осуществляет в соответствии с введенным в него заданием u_3 управление координатами скорости, момента и положения электродвигателя 2. С выхода преобразователя 1 сигнал мощности P_1 поступает на вход электродвигателя 2, в котором после преобразования мощность на выходе будет равна P_2 . Сигнал мощности P_2 поступает на вход механического преобразователя 3, с выхода которого мощность P_n поступает на рабочий орган 4. Сигналы трехфазного напряжения $[u(t)]$ и трехфазного тока $[i(t)]$ с преобразователя 1 поступают на датчики тока 5 и напряжения 6, аналоговый сигнал с датчиков 5 и 6 поступает в сумматор сигнала 7, также в сумматор 7 от преобразователя 1 поступает сигнал задания u_3 . Обработанные сигналы с выхода сумматора 7 поступают на вход устройства сбора данных 8, в состав которого входят устройство выборки хранения 9, необходимое для хранения оперативной информации, и аналогово-цифровой преобразователь 10, который преобразует аналоговый сигнал в цифровой и передает его на портативный компьютер 11. Сигналы, поступившие на компьютер 11, обрабатываются программным фильтром частоты, после чего вносятся в базу данных и обрабатываются программой, осуществляющей расчет остаточного ресурса электропривода переменного тока.

Возможность получения технического результата основана на том, что любые неисправности электрических машин и механизмов, сопряженных с ними, в конечном итоге приводят к возникновению электромагнитной несимметрии поля в зазоре машины, а, следовательно, к изменению спектрального состава токов и напряжений. Также в качестве критерия для оценки энергетических процессов в реальной машине, обладающей неравномерным полем в воздушном зазоре и, как следствие, имеющей полигармонический состав спектра токов и напряжений, используют сравнение величины

потерь мощности на характерных для определенных повреждений частотах.

Преобразуют полученный сигнал из аналоговой в цифровую форму с помощью аналогово-цифрового преобразователя АЦП, выделяют анализируемые частоты с помощью программного фильтра низких частот на ЭВМ. Также производят анализ качества питающего напряжения в части наличия несимметрии, импульсов перенапряжения и высших гармонических составляющих с целью выявления причин преждевременного выхода из строя оборудования, обусловленных качеством питающего электропривода напряжения. Измерения и анализ производят с определенной периодичностью и создают базу данных измерений и результатов их анализа. В результате сравнения измеренных значений с эталонными и критическими производят контроль развития повреждений и определяют остаточный ресурс электропривода.

Влияние на работоспособность следует оценивать по четырем уровням состояния - отличное, хорошее, удовлетворительное, неудовлетворительное. Результаты обследования заносятся в базу данных, которая предназначена для ввода, хранения, отображения, сортировки и обработки диагностических параметров технологического оборудования. Также база данных обеспечивает возможность анализа данных, осуществление поиска и выборку по различным параметрам, формирование журнала регистрации контроля, вычисление остаточного ресурса оборудования на основе результатов анализа. Величину остаточного ресурса определяют по формуле:

$$\delta = k_1 K_{I_A}^2 + k_2 K_{I_B}^2 + k_3 K_{I_C}^2 + k_4 K_{\text{эп}}^2 + k_5 K_{\Gamma}^2 + k_6 K_{\Gamma P}^2 + k_7 K_{P_A}^2 + k_8 K_{P_B}^2 + k_9 K_{P_C}^2 + k_{10} K_{\text{несим}U}^2 + k_{11} K_{\text{несим}I}^2 + k_{12} K_{\text{несим}P}^2 + k_{13} K_{\Delta P}^2 + k_{14} K_{U_A}^2 + k_{15} K_{U_B}^2 + k_{16} K_{U_C}^2$$

где:

K_{I_A} , K_{I_B} , K_{I_C} - расхождение амплитуд сигналов тока на характерных частотах с уровнем сигнала на частоте питающей сети для фаз А, В, С соответственно;

K_{U_A} , K_{U_B} , K_{U_C} - расхождение амплитуд сигналов напряжения на характерных частотах с уровнем сигнала на частоте питающей сети для фаз А, В, С соответственно;

$K_{\text{эп}}$ - динамический коэффициент мощности;

K_{Γ} - коэффициент гармоник (тока и мощности);

K_{P_A} , K_{P_B} , K_{P_C} - расхождение амплитуд сигналов мощности на характерных частотах с уровнем сигнала на частоте питающей сети для фаз А, В, С соответственно;

$K_{\text{несим}U}$ - коэффициент несимметрии напряжения;

$K_{\text{несим}I}$ - коэффициент несимметрии тока;

$K_{\text{несим}P}$ - коэффициент несимметрии мощности;

$K_{\Delta P}$ - коэффициент потери мощности;

k_i - весовой коэффициент, определяемый на основе статистических данных.

Получившееся значение остаточного ресурса сравнивают с предельным значением $\delta_{\text{пр}}$, определяемым для каждого агрегата на основе статистических баз данных, причем должно выполняться условие $\delta \leq \delta_{\text{пр}}$. В случае невыполнения данного условия агрегат выводится из работы.

Регулярный мониторинг электропривода позволяет выявлять неисправности на ранней стадии возникновения, отслеживать динамику их развития, определять остаточный ресурс и планировать рациональные сроки проведения ремонтов.

Аппаратная реализация предлагаемого способа может быть осуществлена с помощью существующих силовых электротехнических, электронных и микропроцессорных устройств при надлежащем выборе и настройке соответствующих параметров.

Формула изобретения

5

Способ диагностики технического состояния силового электрооборудования, включающий запись зависимостей от времени напряжения и тока, потребляемых электродвигателем, выполняемую с помощью датчиков напряжения, обработку сигналов фильтром низких частот с последующей программной обработкой полученных сигналов
10 для диагностики и оценки остаточного ресурса, отличающийся тем, что определяют расхождение амплитуд сигналов токов, напряжений и мощности каждой фазы, рассчитывают коэффициенты несимметрии тока, напряжений, мощности и коэффициенты гармонических колебаний, используя программный фильтр низких частот, отфильтровывают спектр исследуемых частот от общего сигнала, затем определяют
15 уровень влияния качества питающего напряжения в части наличия несимметрии, импульсов перенапряжения и высших гармонических составляющих и при помощи программного обеспечения на основе получаемых данных с учетом текущего задания выходной координаты определяют техническое состояние электропривода и оценивают остаточный ресурс.

20

25

30

35

40

45