

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2719507

СПОСОБ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЯ-РЕГУЛЯТОРА НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Абрамович Борис Николаевич (RU), Сенчило Никита Дмитриевич (RU), Бабанова Ирина Сергеевна (RU)*

Заявка № 2019142517

Приоритет изобретения 16 декабря 2019 г.

Дата государственной регистрации в
Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 20 апреля 2020 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 16 декабря 2039 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Г.П. Ивлиев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G06N 3/02 (2020.02); G01R 31/34 (2020.02); G06F 17/10 (2020.02); G06F 17/14 (2020.02)

(21)(22) Заявка: 2019142517, 16.12.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
16.12.2019Дата регистрации:
20.04.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 16.12.2019

(45) Опубликовано: 20.04.2020 Бюл. № 11

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет", Патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

Абрамович Борис Николаевич (RU),
Сенчило Никита Дмитриевич (RU),
Бабанова Ирина Сергеевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете

о поиске: RU 2648413 C1, 27.03.2018. RU
2546993 C1, 10.04.2015. RU 2699685 C1,
09.09.2019. CN 101661075 A, 03.03.2010. CN
105224782 A, 06.01.2016. US 2014/0285212 A1,
25.09.2014.(54) СПОСОБ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЯ-РЕГУЛЯТОРА НА
ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

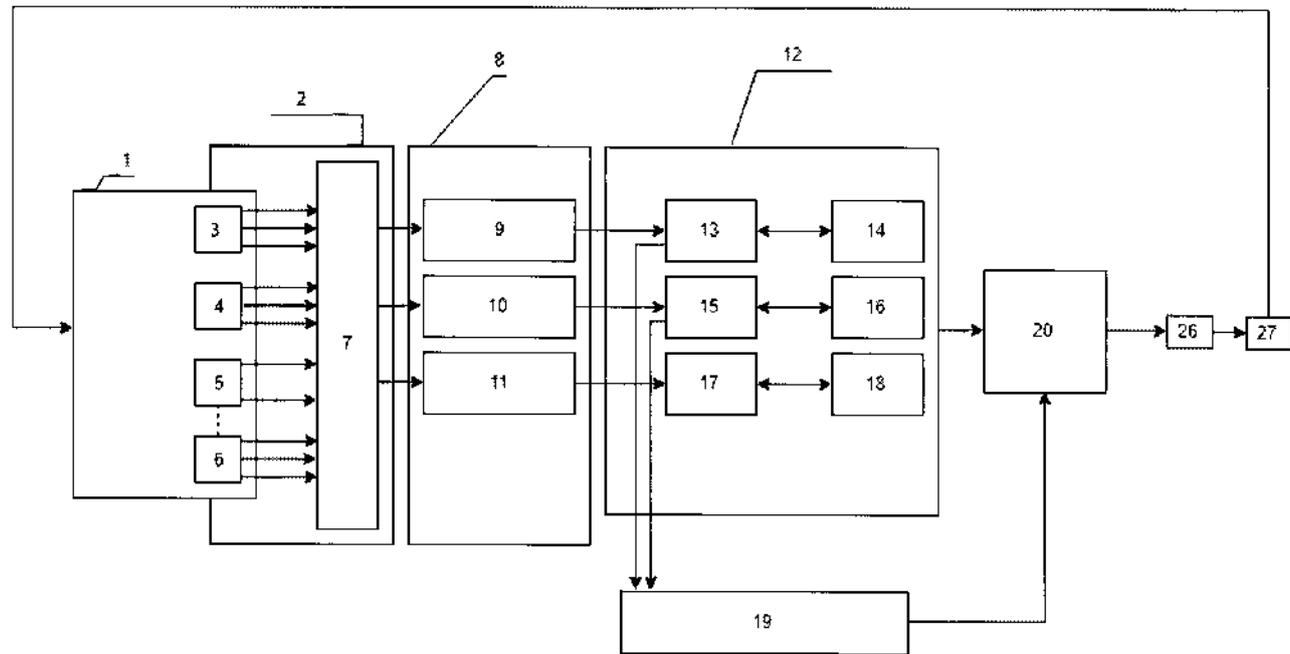
(57) Реферат:

Изобретение относится к области диагностики технического электромеханического оборудования. Техническим результатом является повышение точности и качества оценки технического состояния оборудования. Способ содержит измерение параметров, вычисление признаков оперативного диагностирования, распознавание неисправностей и расчет отклонений, с учетом алгоритмов искусственной нейронной сети типа Кохонена, на основе которых рассчитывают и оценивают коэффициенты технического состояния потребителя-регулятора по подсистемам

диагностирования, далее на основании полученных значений коэффициентов оценивают техническое состояние и выбирают режим диагностирования, при этом расчет коэффициентов производят с учетом динамики изменения электрических и вибрационных параметров за наблюдаемый период эксплуатации, затем проводят сравнение отклонения зарегистрированных параметров от нормированных с использованием нейронной сети типа Кохонена и определяют возможность эксплуатации электроустановки в качестве потребителя-регулятора. 3 ил., 3 табл.

RU 2 7 1 9 5 0 7 C 1

RU 2 7 1 9 5 0 7 C 1



ФИГ. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

G06N 3/02 (2020.02); *G01R 31/34* (2020.02); *G06F 17/10* (2020.02); *G06F 17/14* (2020.02)(21)(22) Application: **2019142517, 16.12.2019**(24) Effective date for property rights:
16.12.2019Registration date:
20.04.2020

Priority:

(22) Date of filing: **16.12.2019**(45) Date of publication: **20.04.2020** Bull. № 11

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2,
federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj
universitet", Patentno-litsenziornyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Abramovich Boris Nikolaevich (RU),
Senchilo Nikita Dmitrievich (RU),
Babanova Irina Sergeevna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj
universitet" (RU)**

(54) **METHOD FOR ASSESSING THE TECHNICAL STATE OF A CONSUMER CONTROLLER BASED ON NEURAL NETWORK DIAGNOSIS**

(57) Abstract:

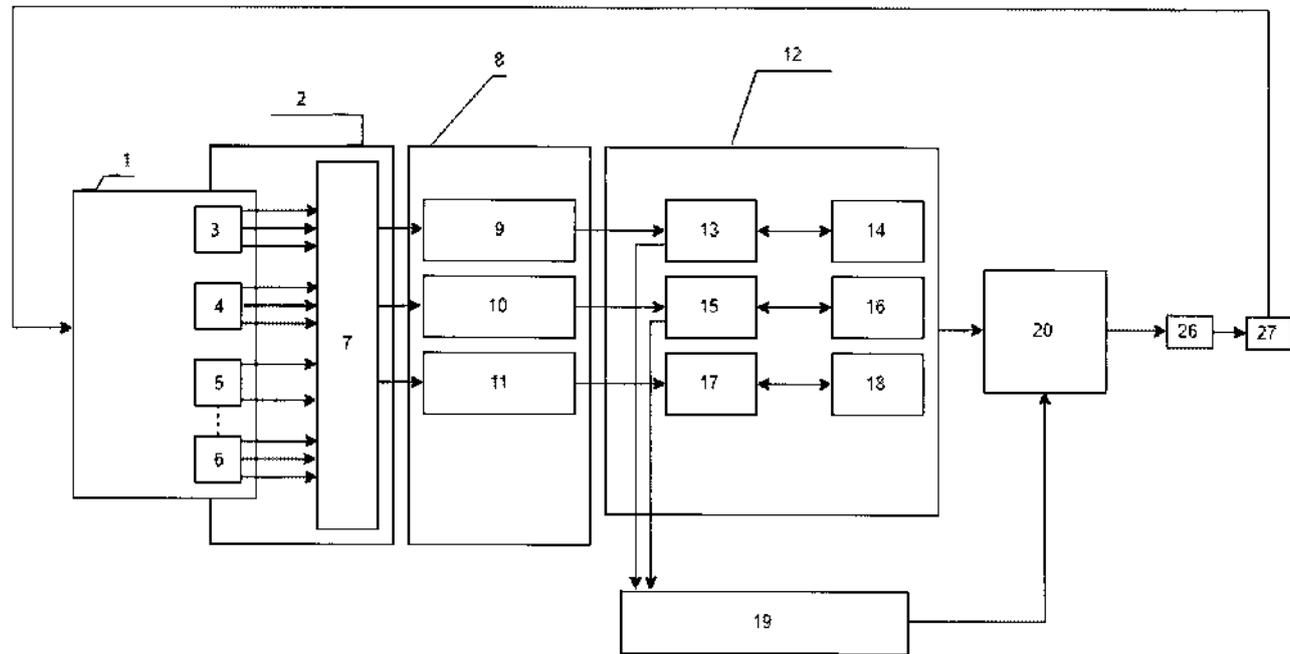
FIELD: measurement technology.

SUBSTANCE: invention relates to diagnosis of technical electromechanical equipment. Method comprises measuring parameters, calculating signs of rapid diagnosis, identifying faults and calculating deviations, taking into account algorithms of artificial neural network of Kohonen type, based on which are calculated and estimated coefficients of technical state of consumer-regulator by diagnostic subsystems, then based on obtained values of coefficients, technical condition is evaluated and diagnostic mode is selected,

wherein coefficients are calculated taking into account changes in electric and vibration parameters over observed period of operation, then deviation of registered parameters is compared against standardized ones using neural network of Kohonen type and possibility of operation of electric installation as consumer-regulator is determined.

EFFECT: high accuracy and quality of assessing the technical state of equipment.

1 cl, 3 dwg, 3 tbl



ФИГ. 1

Изобретение относится к области диагностики технического состояния электромеханического оборудования и позволяет производить диагностику и оценку технического состояния потребителя-регулятора, работающего в различных условиях эксплуатации, путем записи электрических и вибрационных параметров, с помощью датчиков вибрации, тока и напряжения, и использования искусственной нейронной сети (ИНС) типа Кохонена для анализа и построения зависимостей параметра, характеризующего возможности эксплуатации электроустановки от коэффициента технического состояния потребителя-регулятора для выявления неисправностей в определенной подсистеме диагностирования (двигатель (обмотка статора), двигатель (механические дефекты) с дальнейшим изменением режима управления.

Известен способ диагностики технического состояния электропривода по оценке динамики его параметров (патент РФ №2546993, опубл. 10.04.2015 г.), согласно которому производится замер тока, напряжения, скорости и управляющего задания электропривода, далее происходит преобразование параметров в цифровую форму и передача в персональный компьютер для обработки. Программно реализуют и обучают на конкретном электроприводе перед его эксплуатацией рекуррентную нейронную сеть, после чего производится сравнение результата динамики нейросетевой модели с реальной динамикой электропривода. Рассчитывается функция рассогласования динамики его параметров от модели для неисправного электропривода, по характеру которой производится оценка ТС и прогноз остаточного ресурса электропривода.

Недостатками способа является то, что применяемая модель искусственной нейронной сети для обработки информации и оценки технического состояния с учетом функции рассогласования динамики во времени для неисправного электропривода не позволяет визуально оценить неисправное состояние и выбрать оптимальный способ управления.

Известен способ диагностирования установки электроприводного центробежного насоса (УЭЦН) в процессе их эксплуатации на нефтяных месторождениях (Надежность, техническое обслуживание, ремонт и диагностирование нефтегазопромыслового оборудования / Под общ. ред. В.В. Сушкова. - Спб.: Нестор, 2008.296 с. (с. 87-101), согласно которому для выбранного ПР регистрируют и анализируют форму и амплитуду полученного сигнала, сравнивают с предыдущими измерениями, оценивают возможность дальнейшей эксплуатации, строят зависимости изменения параметра ТС областей и принимают решение по дальнейшей эксплуатации.

Недостатками способа и полученных зависимостей по оптимизации эксплуатации потребителей-регуляторов является то, что полученная зависимость изменения параметра технического состояния областей от времени не учитывает изменение параметров по нескольким подсистемам (двигатель (обмотка статора), двигатель (механические дефекты)) в ходе эксплуатации от нормативных, также отсутствуют границы оценки ТС с учетом электрических, вибрационных параметров и обнаруженных дефектов.

Известна интеллектуальная автоматизированная система управления установкой электроцентробежного насоса (Б.Г. Ильясов, А.В. Комелин, К.Ф. Тагирова Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами Т. 9, №2 (20). С. 58-70 Уфа: УГАТУ, 2007), согласно которой предложена структура и алгоритмы работы автоматизированной системы управления установкой электроцентробежного насоса (АСУ УЭЦН), и применяемой для ПР в условиях нефтегазового комплекса на основе системы принятия решений с самоорганизующимися нейронными сетями.

Недостатками способа является то, что предложенная интеллектуальная автоматизированная система позволяет управлять режимом электроустановки на

основе группы управляющих параметров только технологической среды, исключаящих информацию по электрическим и вибрационным параметрам без оценки технического состояния выбранного потребителя-регулятора с учетом возникающих неисправностей в процессе эксплуатации.

5 Известен способ диагностики прогнозирования технического состояния электроприводных газоперекачивающих агрегатов (ЭГПА) (Крюков О.В., Серебряков А.В., ЭСик, №1(30), 2016, с. 39-43), согласно которому выбирают диагностируемые параметры, подлежащие прогнозированию состояния обмотки статора для синхронного двигателя типа СТД с учетом использования архитектуры встроенных систем
10 мониторинга и прогнозирования ТС ЭГПА на базе ИНС, подбирают оптимальную конструкцию искусственной нейронной сети, выявляют типы неисправностей для обмотки статора с учетом кода искусственной нейронной сети, создают блок ИНС, формируют структуры классов по обучающей выборке, формируют выходные сигналы сети, определяют код ИНС, к которому относится тип неисправности обмотки статора,
15 и делают вывод об изменении в техническом состоянии двигателя обмотки статора электроприводного газоперекачивающего агрегата.

Недостатками способа является то, что при оценке ТС ЭГПА рассматривается только одна подсистема (обмотка статора), не позволяющая дать полное представление о возникающих неисправностях с учетом механических дефектов. Дополнительно при
20 работе ИНС отсутствует оценка точности прогнозирования ТС и параметр, позволяющий оценить его изменение в момент эксплуатации от нормативного на основе выявленных зависимостей с дальнейшим изменением режима управления.

Известен способ управления режимами на основе нейросетевого диагностирования неисправностей и технического состояния электроприводного газоперекачивающего агрегата (патент РФ №2648413, опубл. 27.03.2018 г.), принятый за прототип, согласно
25 которому производится измерение параметров, сбор информации и проверка ее достоверности, фильтрация измерений, проверка измерений, корректировка показаний измерений, сверка с ограничениями, вычисление признаков оперативного диагностирования, распознавание неисправностей и расчет отклонений. Вычисление
30 признаков оперативного диагностирования и распознавание неисправностей осуществляют с учетом алгоритмов, основанных на работе двух нейронных сетей типа Кохонена, на основе которых рассчитывают и оценивают коэффициенты неисправностей по подсистемам: смазки, нагнетателя, обмотки статора и механических дефектов электродвигателя. Затем оценивают ТС на основании полученных значений
35 коэффициентов и выбирают режим диагностирования и управления, повышается точность диагностики.

Недостатками способа является то, что выявленные коэффициенты неисправности и полученные шкалы оценки по определенным подсистемам диагностирования для ПР не позволяют отследить динамику их изменения от времени, исключая возможность
40 непрерывного контроля изменения параметров в процессе эксплуатации электроустановки с дальнейшим изменением режима управления и диагностирования.

Техническим результатом является повышение точности и качества оценки технического состояния ПР с учетом полученных зависимостей изменения параметра, характеризующего возможности эксплуатации электроустановки от коэффициента
45 технического состояния потребителя-регулятора посредством ИНС Кохонена и с последующим изменением режима управления и диагностирования ПР.

Технический результат достигается тем, что расчет коэффициентов производят с учетом динамики изменения электрических и вибрационных параметров за наблюдаемый

период эксплуатации, затем проводят сравнение отклонения зарегистрированных параметров от нормированных с использованием нейронной сети типа Кохонена и определяют возможность эксплуатации электроустановки в качестве потребителя-регулятора, коэффициент технического состояния потребителя-регулятора определяют по формуле

$$K_d^{\text{эксн}}(t) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (K \cdot R_{HC} - R_S)^2},$$

где $K_d^{\text{эксн}}(t)$ - коэффициент технического состояния потребителя-регулятора;

K - коэффициент, учитывающий влияние нейронной сети типа Кохонена на выявленную неисправность,

R_{HC} - значения координат для выявленного состояния S с учетом появления неисправностей;

R_S - значения координат для состояния S потребителя-регулятора, соответствующие области, к которой относится выявленная неисправность.

Способ поясняется следующими фигурами:

Фиг. 1 - структурная схема устройства оценки технического состояния потребителя-регулятора на основе нейросетевого диагностирования;

Фиг. 2 - структурная схема системы оценки технического состояния потребителя-регулятора на основе нейросетевого диагностирования;

Фиг. 3 - график зависимости параметра, характеризующего возможности эксплуатации электроустановки от коэффициента технического состояния потребителя-регулятора, где:

1 - потребитель-регулятор (ПР);

2 - блок обработки параметров от датчиков;

3 - датчик тока;

4 - датчик напряжения;

5 - датчик вибрации;

6 - датчик температуры;

7 - блок анализа;

8 - блок гармонического анализа;

9 - блок гармонического анализа токов;

10 - блок гармонического анализа напряжений;

11 - блок гармонического анализа виброскорости;

12 - блок параметров ПР;

13 - блок параметров токов;

14 - блок нормированных параметров токов;

15 - блок параметров напряжений;

16 - блок нормированных параметров напряжений;

17 - блок параметров виброскорости;

18 - блок нормированных параметров виброскорости;

19 - блок суммарного отклонения амплитуд мощности на характерных частотах;

20 - блок ИНС типа Кохонена;

21 - блок формирования входного вектора ИНС;

22 - блок управляющего воздействия ИНС Кохонена;

23 - блок распределения входных сигналов;

- 24 - блок выходных данных ИНС Кохонена;
- 25 - блок обработки карт Кохонена;
- 26 - блок вывода результатов на основе оценки ТС ПР;
- 27 - блок выбора режима управления и диагностирования ПР.

5 Способ осуществляется следующим образом. Согласно фиг. 1., сигналы, полученные от потребителя-регулятора 1, с датчиков тока 3 каждой из трех фаз А, В, С, с датчиков напряжения 4 каждой из трех фаз А, В, С, с датчиков вибрации 5, с датчиков температуры 6 в количестве 1 и более в зависимости от объекта диагностики, составляющих блок обработки параметров датчиков 2, проходят через блок анализа 7, затем подвергаются гармоническому анализу токов в блоке гармонического анализа токов 9, гармоническому анализу напряжений в блоке гармонического анализа напряжений 10, гармоническому анализу виброскорости в блоке гармонического анализа виброскорости 11. Эти блоки объединены в блок гармонического анализа 8, в котором происходит быстрое преобразование Фурье для мгновенных значений токов каждой из фаз А, В и С, мгновенных значений напряжений каждой из фаз А, В и С, мгновенных значений виброскорости с учетом параметров температуры.

10 Далее записывают полученные параметры из блока гармонического анализа токов 9 в блок параметров токов 13, параметры из блока гармонического анализа напряжений 10 в блок параметров напряжений 15, параметры из блока гармонического анализа виброскорости 11 в блок параметров виброскорости 17.

15 Затем определяют отклонения зарегистрированных параметров токов из блока параметров токов 13 от нормированных параметров токов из блока нормированных параметров токов 14, полученных перед вводом в эксплуатацию выбранного ПР. Аналогично определяют отклонения зарегистрированных параметров напряжений из блока параметров напряжений 15 от нормированных параметров напряжений из блока нормированных параметров напряжений 16, полученных перед вводом в эксплуатацию выбранного ПР, а также определяют отклонения зарегистрированных параметров виброскорости из блока параметров виброскорости 17 от нормированных параметров виброскорости из блока нормированных параметров виброскорости 18, полученных перед вводом в эксплуатацию выбранного ПР. Полученные данные составляют блок параметров ПР 12 со следующими параметрами:

20 ΔK_{I_A} - отклонение амплитуды сигнала тока на характерных частотах с уровнем сигнала на частоте питающей сети для фазы А между нормированными значениями и полученными эксплуатационными из БД;

25 ΔK_{I_B} - отклонение амплитуды сигнала тока на характерных частотах с уровнем сигнала на частоте питающей сети для фазы В между нормированными значениями и полученными эксплуатационными из БД;

30 ΔK_{I_C} - отклонение амплитуды сигнала тока на характерных частотах с уровнем сигнала на частоте питающей сети для фазы С между нормированными значениями и полученными эксплуатационными из БД;

35 ΔK_{U_A} - отклонение амплитуды сигнала напряжения на характерных частотах с уровнем сигнала на частоте питающей сети для фазы А между нормированными значениями на основании ГОСТ 32144-2013 и полученными эксплуатационными из блока, фиксирующего изменение коэффициента гармонических составляющих напряжения;

ΔK_{U_B} - отклонение амплитуды сигнала напряжения на характерных частотах с уровнем сигнала на частоте питающей сети для фазы В между нормированными значениями на основании ГОСТ 32144-2013 и полученными эксплуатационными из блока, фиксирующего изменение коэффициента гармонических составляющих напряжения;

ΔK_{U_C} - отклонение амплитуды сигнала напряжения на характерных частотах с уровнем сигнала на частоте питающей сети для фазы С между нормированными значениями на основании ГОСТ 32144-2013 и полученными эксплуатационными из блока, фиксирующего изменение коэффициента гармонических составляющих напряжения;

ΔK_{V_n} - суммарный показатель отклонения амплитуд сигналов виброскорости на характерных частотах с уровнем сигнала на частоте питающей сети для положений между нормированными значениями и полученными эксплуатационными;

После рассчитывают суммарный показатель отклонения амплитуд сигналов мощности на характерных частотах с уровнем сигнала на частоте питающей сети для фаз А, В, С расчетный ΔK_p ($\Delta K_p = \Delta K_{P_A} + \Delta K_{P_B} + \Delta K_{P_C}$) в блоке суммарного отклонения амплитуд мощности на характерных частотах 19, далее получают и выбирают расчетные значения показателей параметров $\Delta K_p, \Delta K_v, \Delta K_{I_A}, \Delta K_{I_B}, \Delta K_{I_C}, \Delta K_{U_A}, \Delta K_{U_B}, \Delta K_{U_C}$ для блока ИНС типа Кохонена 20, в котором формируется входной вектор ИНС, реализуя оценку ТС ПР на основе нейросетевого диагностирования.

Далее происходит графическое представление результатов на основе оценки ТС ПР в блоке вывода результатов на основе оценки ТС ПР 26, затем изменяют режим управления и диагностирования ПР в блоке выбора режима управления и диагностирования ПР 27.

Система оценки технического состояния потребителя-регулятора на основе нейросетевого диагностирования в блоке ИНС типа Кохонена 20 (фиг. 2) реализована следующим образом. Из общей базы данных параметров (БД) ПР

($\Delta K_{V_n}, \Delta K_{I_A}, \Delta K_{I_B}, \Delta K_{I_C}, \Delta K_{U_A}, \Delta K_{U_B}, \Delta K_{U_C}$) 12 и блока расчетных значений суммарного показателя отклонения амплитуд сигналов мощности на характерных частотах с уровнем сигнала на частоте питающей сети для фаз А, В, С 19 формируется вектор входных параметров ИНС в блоке формирования входного вектора ИНС 21, состоящий из 8 параметров. Далее обрабатывают полученные статистические данные ПР с помощью блока формирования входного вектора ИНС 21, состоящей из конкурирующего слоя Кохонена в блоке управляющего воздействия ИНС Кохонена 22, распределительного в блоке распределения входных сигналов 23 и выходного слоя в блоке выходных данных ИНС Кохонена 24. Далее обрабатывают карты Кохонена в блоке обработки карт Кохонена 25, и строят зависимости изменения параметра, характеризующего возможности эксплуатации электроустановки от коэффициента ТС ПР в блоке вывода результатов на основе оценки ТС ПР 26.

Таким образом, на основе полученных данных эксплуатации и сравнения с нормированными значениями результатов работы ИНС Кохонена, делают вывод об изменении ТС выбранного ПР с учетом разработанных шкал оценивания и полученных зависимостей изменения параметра, характеризующего возможности эксплуатации электроустановки от коэффициента технического состояния ПР, используя блок вывода

результатов на основе оценки ТС ПР 26, с последующим изменением режима управления и диагностирования ПР в блоке выбора режима управления и диагностирования ПР 27.

Оценку ТС ПР для определенных подсистем диагностирования производилась на основе коэффициента, характеризующего ТС ПР по n-координатам трехмерного пространства по следующей формуле:

$$K_d^{\text{эксн}}(t) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (K \cdot R_{HC} - R_S)^2}, \quad (1)$$

где $K_d^{\text{эксн}}(t)$ - коэффициент, характеризующий ТС ПР в ходе эксплуатации и вычисленный с учетом изменения параметров за время t ; K - коэффициент, учитывающий влияние ИНС Кохонена на выявленную неисправность в системе диагностирования (патент РФ №2648413, опубл. 27.03.2018 г.),

R_{HC} - значения координат для выявленного состояния S с учетом появления неисправностей (результат ИНС Кохонена);

R_S - значения координат для состояния S ПР, соответствующие области, к которой относится выявленная неисправность.

Набор параметров для расчета $K_d^{\text{эксн}}(t)$ включал в себя 8 параметров, участвующих при формировании входного вектора ИНС типа Кохонена 21 (

$$\Delta K_p, \Delta K_{v_m}, \Delta K_{I_A}, \Delta K_{I_B}, \Delta K_{I_C}, \Delta K_{U_A}, \Delta K_{U_B}, \Delta K_{U_C}).$$

Определение коэффициента, характеризующего ТС ПР, вычисленного по нормативным и паспортным данным ($K_d^{\text{норм}}$) производится аналогично формуле (1), отличающейся своим набором параметров, указанной в паспортной документации.

Для определения $K_d^{\text{норм}}$ использовались параметры, указанные в паспортной документации потребителя-регулятора.

Для дальнейшего изменения режима электропотребления в условиях предприятий нефтегазового комплекса и результатов работы ИНС были построены зависимости параметра, характеризующего возможности (невозможности) эксплуатации электроустановки φ_i от $K_d^{\text{эксн}}(t)$ по формуле:

$$\varphi_i = \frac{N_{\text{инс}}}{N_{\text{диагн}}}, \quad (2)$$

$N_{\text{инс}}$ - количество диагностируемых параметров, значения которых отклонились от заданных (по результатам ИНС); $N_{\text{диагн}}$ - количество диагностируемых параметров в ходе эксплуатации.

Дальнейшее применение ИНС Кохонена для определения $K_d^{\text{эксн}}(t)$, последующее сравнение с $K_d^{\text{норм}}$, позволяет получить информацию по вероятности наступления отказа в зависимости от развития дефекта в подсистеме(ах) диагностирования, тем самым позволяя оценивать ТС выбранного ПР на основе динамики процесса изменения параметров от времени.

Апробация зависимостей параметра, характеризующего возможности эксплуатации электроустановки от коэффициента ТС ПР осуществлялась в условиях предприятий

нефтегазового комплекса.

Способ поясняется следующими примерами. В таблице 1 представлены результаты работы ИНС по оценке ТС на примере синхронного двигателя, из которой следует, что наименьшее значение по вероятности наступления отказа наблюдается для состояния $d(S, S_1)$ по подсистеме диагностирования (двигатель - обмотка статора).

Таким образом, представленные результаты позволяют выявить и оценить возможность развития дефекта в определенной подсистеме диагностирования (чем больше интенсивность дефекта, тем меньше расстояние до соответствующей области на карте Кохонена).

Таблица 1 – Результаты работы ИНС по оценке ТС

Значения сети			Оценка K_d			Состояния, S/дефекты
R_1	R_2	R_3	$d(S, S_0)$	$d(S, S_1)$	$d(S, S_2)$	
0,1	0,5	0,14	0,5288	0,529	1,039	Двигатель (обмотка статора)
0,64	0,62	0,31	0,9435	0,806	0,781	Двигатель (механические дефекты)
0	0	0	0,000	1,000	1,000	Исправное состояние

На фиг. 3 показан пример оценки ТС ПР по одной подсистеме диагностирования (двигатель-обмотка статора), где цифрами обозначен допуск к эксплуатации: 28 - исправное; 29 - работоспособен с учетом проведения диагностики; 30 - функционирование с нарушениями, допускается при комплексной диагностике; 31 - не допускается к работе, вывод.

Полученные зависимости позволяют производить оценку ТС ПР и выявлять неисправности в определенной подсистеме диагностирования с дальнейшим изменением управления режимами.

В таблице 2 представлены результаты оценки ТС ПР с учетом выявленных неисправностей на примере синхронного двигателя.

Таблица 2 – Результаты оценки ТС ПР с учетом выявленных неисправностей

Оценка K_d	Характеристика технического состояния синхронного двигателя (φ_i)	Допуск к эксплуатации	Режим
от 0,85 и выше	«отличное» состояние, влияния на работоспособность нет (0-0,16)	Исправен	без ограничения режима работы
0,57-0,85	«хорошее» состояние, влияние на работоспособность несущественно (0,16-0,28)	работоспособен с учетом проведения диагностики	
0,45-0,57	«удовлетворительное» состояние, требуется оценка остаточного ресурса и установка времени периодической комплексной диагностики (0,28-0,4)	функционирование с нарушениями, допускается при комплексной диагностике	с ограничениями режима работы
0-0,45	«неудовлетворительное» состояние, высокая вероятность отказа (0,4 и выше) оборудование выводится в капитальный ремонт	не допускается к работе, вывод	остановка

В таблице 3 представлены результаты оценки ТС в условиях предприятий нефтегазового комплекса на примере электроприводного газоперекачивающего агрегата

(ЭГПА).

Таблица 3 – Результаты оценки ТС с учетом выявленных неисправностей в подсистеме двигателя (обмотка статора)

Оценка K_d	Характеристика технического состояния ЭГПА (φ_i)	Допуск к эксплуатации	Режим
от 0,92 и выше	«отличное» состояние, влияния на работоспособность нет (0-0,16)	Исправен	без ограничения режима работы ЭГПА
0,65-0,92	«хорошее» состояние, влияние на работоспособность незначительно (0,16-0,28)	работоспособен с учетом проведения диагностики	
0,49-0,65	«удовлетворительное» состояние, требуется оценка остаточного ресурса и установка времени периодической комплексной диагностики (0,28-0,4)	функционирование с нарушениями, допускается при комплексной диагностике	с ограничениями режима работы ЭГПА
0-0,49	«неудовлетворительное» состояние, высокая вероятность отказа (0,4 и выше) оборудование выводится в капитальный ремонт	не допускается к работе, вывод	остановка ЭГПА

Результатами работы способа оценки ТС ПР на основе нейросетевого диагностирования являются полученные зависимости изменения параметра, характеризующего возможности эксплуатации электроустановки от коэффициента ТС ПР для различных подсистем диагностирования фиг. 3, табл. 2, табл. 3, и сравнения нормативного $K_d^{норм}$ и расчетного значения $K_d^{эксн}(t)$, полученное на основе работы ИНС, с учетом электрических, вибрационных параметров и обнаруженных дефектов и оцененное в соответствии с границами φ_i : $0 < \varphi_i \leq 0,4$ - остановка, $0,28 < \varphi_i \leq 0,4$ - функционирование с нарушениями, допускается при комплексной диагностике, $0,16 < \varphi_i \leq 0,28$ - работоспособное с учетом проведения диагностики, $0 < \varphi_i \leq 0,16$ - исправное, на основании которых принимают решение о допуске к эксплуатации с последующим ограничением режима работы с целью проведения диагностики для предотвращения выхода из строя.

(57) Формула изобретения

Способ оценки технического состояния потребителя-регулятора на основе нейросетевого диагностирования, включающий измерение параметров, вычисление признаков оперативного диагностирования, распознавание неисправностей и расчет отклонений, с учетом алгоритмов искусственной нейронной сети типа Кохонена, на основе которых рассчитывают и оценивают коэффициенты технического состояния потребителя-регулятора по подсистемам диагностирования, далее на основании полученных значений коэффициентов оценивают техническое состояние и выбирают режим диагностирования, отличающийся тем, что расчет коэффициентов производят с учетом динамики изменения электрических и вибрационных параметров за наблюдаемый период эксплуатации, затем проводят сравнение отклонения зарегистрированных параметров от нормированных с использованием нейронной сети типа Кохонена и определяют возможность эксплуатации электроустановки в качестве потребителя-регулятора, коэффициент технического состояния потребителя-регулятора определяют по формуле

$$K_d^{\text{эксп}}(t) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (K \cdot R_{HC} - R_S)^2},$$

5 где $K_d^{\text{эксп}}(t)$ - коэффициент технического состояния потребителя-регулятора;

K - коэффициент, учитывающий влияние нейронной сети типа Кохонена на выявленную неисправность;

R_{HC} - значения координат для выявленного состояния S с учетом появления неисправностей;

10 R_S - значения координат для состояния S потребителя-регулятора, соответствующие области, к которой относится выявленная неисправность.

15

20

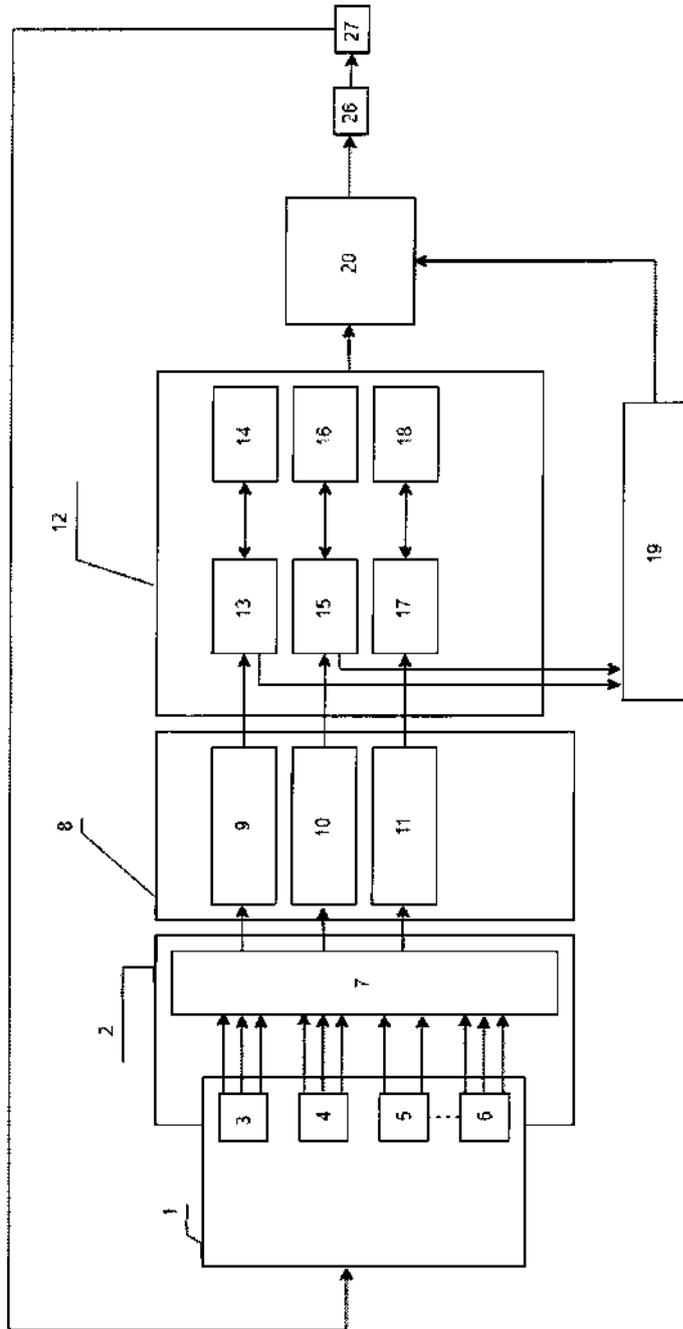
25

30

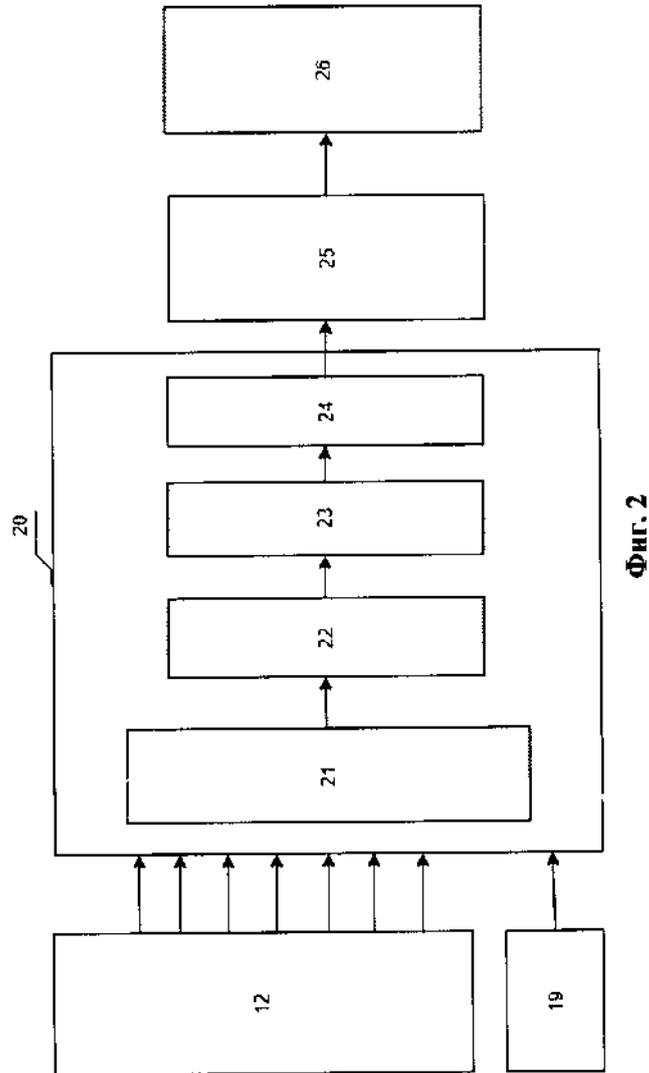
35

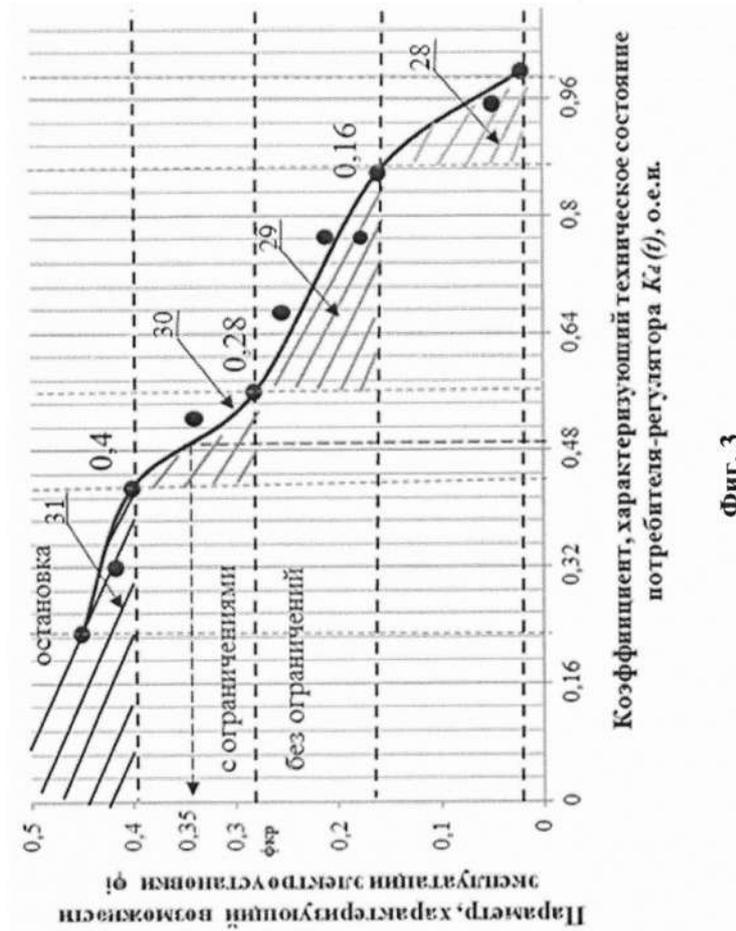
40

45



ФИГ. 1





Фиг. 3