

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **20864**

(13) **С1**

(46) **2017.02.28**

(51) МПК

G 01H 17/00 (2006.01)

G 01M 13/02 (2006.01)

(54)

**УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПЕРЕДАЧ
ЗАЦЕПЛЕНИЕМ ТРАНСМИССИИ ТРАКТОРА**

(21) Номер заявки: а 20131489

(22) 2013.12.11

(43) 2015.08.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Басинюк Владимир Леонидович; Калиниченко Александр Сергеевич; Мардосевич Елена Ивановна; Папино Сергей Степанович; Лапанович Ирина Олеговна (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) ВУ 7366 С1, 2005.

ВУ 7327 С1, 2005.

ВУ 630 U, 2002.

ВУ 7242 С1, 2005.

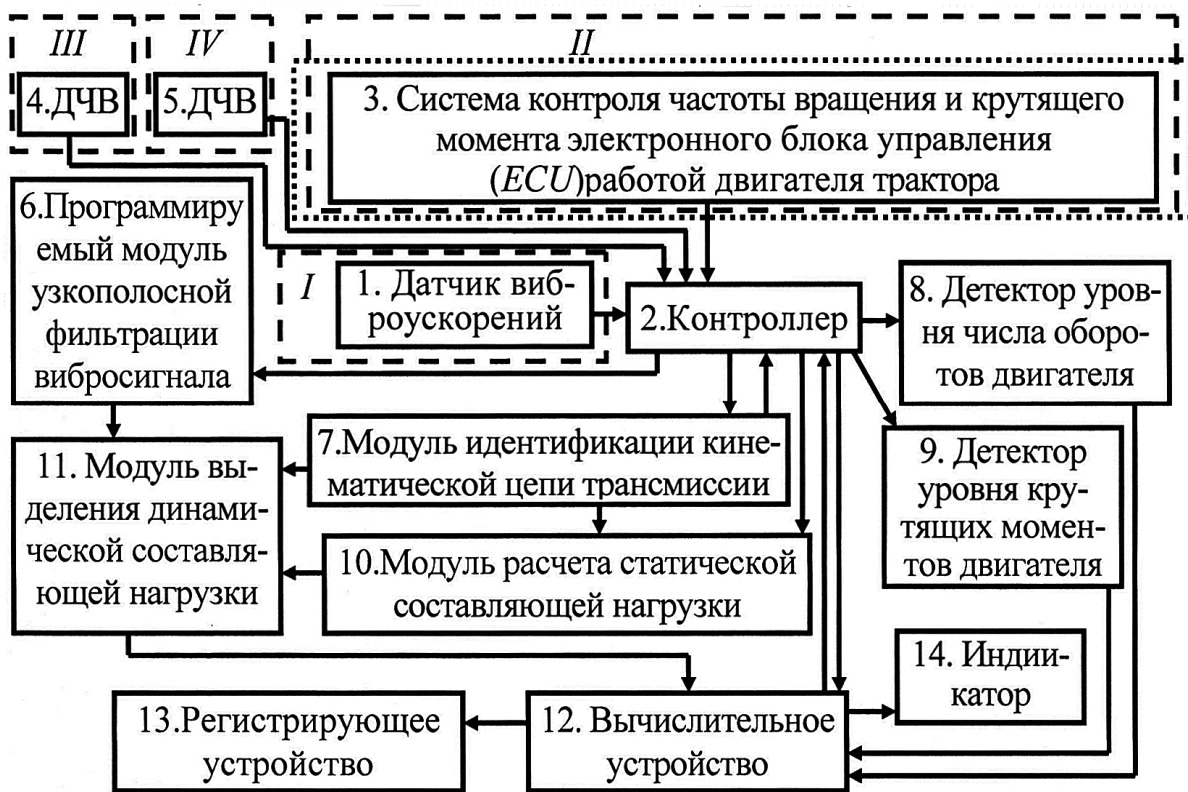
RU 20962 U1, 2001.

RU 2224223 С1, 2004.

JP 2005/156374 А.

(57)

Устройство для диагностики передач зацеплением трансмиссии трактора, характеризующееся тем, что содержит первый канал выделения измерительной информации о вибрациях, содержащий датчик виброускорений, выход которого соединен с первым аналоговым входом контроллера со встроенным коммутатором и модулем памяти, причем первый



ВУ 20864 С1 2017.02.28

вход снабжен встроенным программируемым усилителем и аналого-цифровым преобразователем; второй канал выделения измерительной информации о частоте вращения двигателя и создаваемом им крутящем моменте, выполненный в виде системы контроля частоты оборотов и крутящего момента двигателя электронного блока управления, цифровой выход которой соединен с первым цифровым входом контроллера; третий и четвертый каналы выделения измерительной информации о частотах вращения соответственно правого и левого задних колес трактора, содержащие первый и второй датчики частот вращения, выход каждого из которых соединен соответственно со вторым и третьим входами контроллера; вычислительное устройство, индикатор и регистрирующее устройство, причем первый цифровой выход вычислительного устройства соединен со входом регистрирующего устройства, а его второй цифровой выход - со входом индикатора; программируемый модуль узкополосной фильтрации вибрационного сигнала, модуль идентификации кинематической цепи трансмиссии, детектор уровня числа оборотов двигателя, детектор уровня крутящего момента двигателя, модуль расчета статической составляющей нагруженности зубчатых передач зацеплением, модуль выделения динамической составляющей зубчатых передач зацеплением, причем второй цифровой вход контроллера соединен с третьим выходом вычислительного устройства, третий цифровой вход контроллера соединен с первым выходом модуля идентификации кинематической цепи трансмиссии, первый цифровой выход контроллера соединен со входом программируемого модуля узкополосной фильтрации вибрационного сигнала, второй цифровой выход контроллера соединен со входом модуля идентификации кинематической цепи трансмиссии, третий цифровой выход контроллера соединен с первым входом вычислительного устройства, четвертый цифровой выход контроллера соединен со входом детектора уровня числа оборотов двигателя, пятый цифровой выход контроллера соединен со входом детектора уровня крутящих моментов двигателя, шестой цифровой выход контроллера соединен с первым входом модуля расчета статической составляющей нагрузки, второй выход модуля идентификации кинематической цепи трансмиссии соединен со вторым входом модуля расчета статической составляющей нагрузки, первый вход модуля выделения динамической составляющей нагрузки соединен с выходом программируемого модуля узкополосной фильтрации вибрационного сигнала, второй вход модуля выделения динамической составляющей нагрузки соединен с третьим выходом модуля идентификации кинематической цепи трансмиссии, третий вход модуля выделения динамической составляющей нагрузки соединен с выходом модуля расчета статической составляющей нагрузки, второй вход вычислительного устройства соединен с выходом детектора уровня числа оборотов двигателя, третий вход вычислительного устройства соединен с выходом детектора уровня крутящих моментов двигателя, а его четвертый вход - с выходом модуля выделения динамической составляющей нагрузки.

Изобретение относится к области измерительной техники, преимущественно к области диагностики передач зацеплением трансмиссии трактора в условиях эксплуатации.

Известно устройство для вибродиагностики механизмов циклического действия [1], содержащее последовательно соединенные вибропреобразователь, усилитель, блок распознавания сигналов, включающий блок коммутации, блок полосовых фильтров, блок пороговых элементов, блок индикации и синхрогенератор, а также регулируемый полосовой фильтр и блок формирования импульсов.

Существенным недостатком этого устройства являются ограниченные возможности оценки технического состояния отдельных зубчатых передач трансмиссии трактора в условиях эксплуатации из-за отсутствия возможности выделения динамической составляющей нагруженности, изменение которой в процессе эксплуатации взаимосвязано с изменением технического состояния зубчатой передачи.

Известно устройство для диагностики механизмов [2], содержащее по меньшей мере один канал выделения измерительной информации, состоящий из последовательно соединенных предварительного усилителя, регулируемого полосового фильтра, дополнительно усилителя с автоматической регулировкой усиления и блока распознавания сигналов, блок формирования импульса, коммутатор, индикатор, программируемый вычислитель, регистрирующее устройство и блок команд.

Существенным недостатком этого устройства являются ограниченные возможности оценки технического состояния отдельных зубчатых передач трансмиссии трактора в условиях эксплуатации из-за отсутствия возможности выделения динамической составляющей нагруженности, изменение которой в процессе эксплуатации взаимосвязано с изменением технического состояния зубчатой передачи.

Из известных аналогов наиболее близким техническим решением к предлагаемому является устройство для диагностики передач зацеплением [3], содержащее канал выделения измерительной информации о вибрациях, включающий первичный преобразователь вибрационного сигнала, регулируемый усилитель и аналого-цифровой преобразователь, канал выделения измерительной информации о частоте вращения и канал выделения измерительной информации о крутящем моменте, коммутатор, вычислительное устройство, индикатор и регистрирующее устройство, входы которых связаны с первым и вторым выходами вычислительного устройства.

Существенным недостатком этого устройства являются ограниченные возможности оценки технического состояния отдельных зубчатых передач трансмиссии трактора в условиях эксплуатации из-за отсутствия возможности выделения динамической составляющей нагруженности, изменение которой в процессе эксплуатации взаимосвязано с изменением технического состояния зубчатой передачи.

Задачей изобретения является обеспечение возможности диагностики технического состояния зубчатых передач трансмиссий тракторов в эксплуатации.

Для решения поставленной задачи предлагается устройство для диагностики передач зацеплением трансмиссии трактора, характеризующееся тем, что содержит первый канал выделения измерительной информации о вибрациях, содержащий датчик виброускорений, выход которого соединен с первым аналоговым входом контроллера со встроенным коммутатором и модулем памяти, причем первый вход снабжен встроенным программируемым усилителем и аналогоцифровым преобразователем; второй канал выделения измерительной информации о частоте вращения двигателя и создаваемом им крутящем моменте, выполненный в виде системы контроля частоты оборотов и крутящего момента двигателя электронного блока управления, цифровой выход которого соединен с первым цифровым входом контроллера; третий и четвертый каналы выделения измерительной информации о частоте вращения соответственно правого и левого задних колес трактора, содержащие первый и второй датчики частот вращения, выход каждого из которых соединен соответственно со вторым и третьим входами контроллера; вычислительное устройство, индикатор и регистрирующее устройство, причем первый цифровой выход вычислительного устройства соединен со входом регистрирующего устройства, а его второй цифровой выход - со входом индикатора; программируемый модуль узкополосной фильтрации вибрационного сигнала, модуль идентификации кинематической цепи трансмиссии, детектор уровня числа оборотов двигателя, детектор уровня крутящего момента двигателя, модуль расчета статической составляющей нагруженности зубчатых передач зацеплением, модуль выделения динамической составляющей зубчатых передач зацеплением, причем второй цифровой вход контроллера соединен с третьим выходом вычислительного устройства, третий цифровой вход контроллера соединен с первым выходом модуля идентификации кинематической цепи трансмиссии, первый цифровой выход контроллера соединен со входом программируемого модуля узкополосной фильтрации вибрационного сигнала, второй цифровой выход контроллера соединен со входом модуля

ВУ 20864 С1 2017.02.28

идентификации кинематической цепи трансмиссии, третий цифровой выход контроллера соединен с первым входом вычислительного устройства, четвертый цифровой выход контроллера соединен со входом детектора уровня частоты оборотов двигателя, пятый цифровой выход контроллера соединен со входом детектора уровня крутящих моментов двигателя, шестой цифровой выход контроллера соединен с первым входом модуля расчета статической составляющей нагрузки, второй выход модуля идентификации кинематической цепи трансмиссии соединен со вторым входом модуля расчета статической составляющей нагрузки, первый вход модуля выделения динамической составляющей нагрузки соединен с выходом программируемого модуля узкополосной фильтрации вибрационного сигнала, второй вход модуля выделения динамической составляющей нагрузки соединен с третьим выходом модуля идентификации кинематической цепи трансмиссии, третий вход модуля выделения динамической составляющей нагрузки соединен с выходом модуля расчета статической составляющей нагрузки, второй вход вычислительного устройства соединен с выходом детектора уровня числа оборотов двигателя, третий вход вычислительного устройства соединен с выходом детектора уровня крутящих моментов двигателя, а его четвертый вход - с выходом модуля выделения динамической составляющей нагрузки.

Расширение технических возможностей диагностики технического состояния зубчатых передач трансмиссий тракторов в эксплуатации на основе выделения для анализа изменений динамической составляющей нагрузки достигается в результате следующего.

Наличие двух дополнительных (третьего и четвертого) каналов выделения измерительной информации для контроля частот вращения выходных валов трансмиссии, связанных с задними колесами трактора, в сочетании с системой контроля частоты вращения двигателя внутреннего сгорания (далее ДВС) позволяет определить передаточное отношение трансмиссии. С использованием этого передаточного отношения модулем идентификации кинематической цепи трансмиссии, в памяти которой находятся передаточные числа каждой кинематической цепи коробки передач трактора, устанавливается номер передачи и числа зубьев и частоты вращения каждой зубчатой пары трансмиссии, передающей в момент диагностирования крутящий момент. По числам зубьев и частоте вращения для каждой пары зубчатых колес устанавливается зубцовая частота, по которой настраивается узкополосный программируемый фильтр, выделяющий эту частоту из поступающего с контроллера оцифрованного вибрационного сигнала, и параметры амплитудных значений генерируемых с этой частотой колебаний. Одновременно с этим по моменту на валу ДВС и передаточному отношению модулем расчета статической составляющей нагруженности зубчатых передач зацеплением определяется статическая составляющая нагруженности каждой зубчатой пары, передающей крутящий момент.

По амплитудным значениям колебаний, генерируемых каждой парой работающих зубчатых передач, модулем выделения динамической составляющей зубчатых передач зацеплением, в памяти которого для каждой зубчатой передачи зафиксирован коэффициент пропорциональности между амплитудой вибраций и динамической составляющей нагруженности, определяется значение динамической составляющей нагруженности [4]. Эти данные передаются в программируемый вычислитель, куда также поступает и анализируется информация о скоростных и нагрузочных режимах работы каждой передачи в рассматриваемый момент времени и хранится предварительно записанная в память информация о корреляционной связи между динамической составляющей нагруженности при конкретизированных скоростных и нагрузочных режимах функционирования каждой передачи и ее техническим состоянием. Это позволяет по результатам диагностирования определить, зафиксировать в регистрирующем устройстве и при необходимости вывести на экран индикатора техническое состояние каждой передачи, задействованной в рассматриваемом моменте времени в передаче крутящего момента.

ВУ 20864 С1 2017.02.28

Сущность изобретения поясняется схемой устройства для диагностики передач зацеплением трансмиссии трактора.

Устройство для диагностики передач зацеплением трансмиссии трактора включает четыре канала выделения измерительной информации:

I-ый канал выделения измерительной информации о вибрациях, содержащий аналоговый датчик 1 виброускорений, выход которого связан с первым аналоговым входом контроллера 2 с встроенным коммутатором (не показан) и модулем памяти (не показан), при этом первый аналоговый вход снабжен встроенным в контроллер 2 программируемым усилителем (не показан) и аналого-цифровой преобразователем (не показан);

II-ой канал выделения измерительной информации о частоте вращения двигателя (не показан) и создаваемым им крутящем моменте, представляющий собой совмещенный модуль контроля этих параметров, в качестве которого использована система 3 контроля частоты оборотов и крутящего момента двигателя электронного блока управления (ECU) его работой (двигатель внутреннего сгорания типа "Duetz"), цифровой выход которой связан с первым цифровым входом контроллера 2;

III-ий и IV-ый каналы выделения измерительной информации о частотах вращения соответственно правого и левого задних колес трактора, содержащие датчики частот вращения 4 (ДВЧ) и 5 (ДЧВ), аналоговые выходы которых связаны со вторым и третьим аналоговыми входами контроллера 2 (второй и третий аналоговые входы снабжены встроенными в контроллер программируемыми усилителями (не показаны) и аналого-цифровыми преобразователями (не показаны).

В состав устройства для диагностики передач зацеплением трансмиссии трактора входят программируемый модуль 6 узкополосной фильтрации вибраций, модуль 7 идентификации кинематической цепи трансмиссии, детектор 8 уровня числа оборотов n_d двигателя ($n_d < 1000$ об./мин), детектор 9 уровня крутящего момента T двигателя ($T > 0,9 T_{max}$, где T_{max} - максимальный крутящий момент, создаваемый ДВС при $n_d < 1000$ об./мин), модуль 10 расчета статической составляющей нагруженности зубчатых передач зацеплением (не показаны) трансмиссии, модуль 11 выделения динамической составляющей нагруженности зубчатых передач зацеплением, вычислительное устройство 12, регистрирующее устройство 13 и индикатор 14.

Устройство коммутировано следующим образом:

первый, второй и третий аналоговые входы контроллера 2 связаны с выходами соответственно датчика 1 виброускорений, датчика 4 частоты вращения и датчика 3 частоты вращения;

первый цифровой выход вычислительного устройства 12 связан со входом регистрирующего устройства 13;

второй цифровой выход вычислительного устройства 12 связан со входом индикатора 14;

первый цифровой вход контроллера 2 связан с выходом системы 3 контроля частоты вращения и крутящего момента электронного блока управления (ECU) работой двигателя трактора (не показан);

третий цифровой выход вычислительного устройства 12 связан со вторым цифровым входом контроллера 2;

третий цифровой вход контроллера 2 связан с первым выходом модуля 7 идентификации кинематической цепи трансмиссии;

первый цифровой выход контроллера 2 связан с входом программируемого модуля 6 узкополосной фильтрации вибросигнала;

второй цифровой выход контроллера 2 связан с входом модуля 7 идентификации кинематической цепи трансмиссии;

третий цифровой выход контроллера 2 связан с первым входом вычислительного устройства 12;

четвертый цифровой выход контроллера 2 связан с входом детектора 8 уровня числа оборотов двигателя трактора;

ВУ 20864 С1 2017.02.28

пятый цифровой выход контроллера 2 связан со входом детектора 9 уровня крутящих моментов двигателя трактора;

шестой цифровой выход контроллера 2 связан с первым входом модуля 10 расчета динамической составляющей нагрузки;

второй выход модуля 7 идентификации кинематической цепи трансмиссии связан со вторым входом модуля 10 расчета статической составляющей нагрузки;

первый вход модуля 11 выделения динамической составляющей нагрузки связан с выходом программируемого модуля 6 узкополосной фильтрации вибросигнала;

второй вход модуля 11 выделения динамической составляющей нагрузки связан с третьим выходом модуля 7 идентификации кинематической цепи трансмиссии;

третий вход модуля 11 выделения динамической составляющей нагрузки связан с выходом модуля 10 расчета статической составляющей нагрузки;

второй вход вычислительного устройства 12 связан с выходом детектора 8 уровня числа оборотов двигателя;

третий вход вычислительного устройства 12 связан с выходом детектора 9 уровня крутящих моментов двигателя;

четвертый вход вычислительного устройства 12 связан с выходом модуля 11 выделения динамической составляющей нагрузки.

Устройство работает следующим образом.

При работе трактора (не показан) с четырех каналов выделения измерительной информации (I, II, III и IV), управляемых вычислительным устройством 12, через встроенный в контроллер 2 коммутатор поступает измерительная информация, включающая:

а) аналоговые сигналы с датчиков (типа ЭВИТ-Ч2-08 ТУ РБ 05798043.040-98) 4 и 5 частот вращения правого n_p и левого n_l задних колес трактора, (III-ый и IV-ый каналы выделения измерительной информации) поступают на соответственно второй и третий аналоговые входы контроллера 2, в котором, при необходимости, с использованием размещенных внутри контроллера 2 программируемых усилителей эти сигналы на каждом аналоговом входе усиливаются до нормируемого уровня, затем преобразовываются в цифровой вид аналого-цифровой преобразователем с определением количественного значения частот вращения задних колес трактора, после чего эти данные через размещенный в контроллере 2 коммутатор передаются через его третий цифровой выход на первый вход вычислительного устройства 12, откуда при выполнении условий $n_d < 1000$ об./мин и $T > 0,9 T_{\max}$ (выполнение данного условия обеспечивается при одновременном поступлении на второй и третий входы вычислительного устройства 12 сигналов соответственно с детекторов 8 и 9) значения n_p и n_l передаются через второй цифровой выход контроллера 2 в модуль 7 идентификации кинематической цепи передачи;

б) цифровые сигналы с системы 3 контроля частоты вращения n_d и крутящего момента T_d двигателя электронного блока управления его работой II-ого канала выделения измерительной информации поступают на первый цифровой вход контроллера 2, откуда они разделяются и передаются соответственно на детектор 8 уровня числа оборотов двигателя и детектор 9 уровня крутящих моментов, а при выполнении условий $n_d < 1000$ об./мин и $T > 0,9 T_{\max}$ (выполнение данного условия обеспечивается при одновременном поступлении на второй и третий входы вычислительного устройства 12 сигналов с детекторов 8 и 9), значение n_d через второй цифровой выход контроллера 2 передается в модуль 7 идентификации кинематической цепи, где по передаточному числу трансмиссии u_T (каждому номеру используемой передачи коробки передач трактора соответствует свое передаточное отношение), определяемому из зависимости

$$u_T = 2 \frac{n_d}{n_p + n_l}, \quad (1)$$

осуществляется идентификация номера передачи и структурной схемы кинематической цепи трансмиссии в целом, по которой в момент съема диагностической информации

передает крутящий момент от двигателя к задним колесам трактора, после чего номер идентифицированной передачи передается:

через первый выход модуля 7 на третий цифровой вход контроллера 2 и оттуда через третий цифровой выход на первый вход вычислительного устройства 12, где с использованием частоты вращения двигателя n_d , зафиксированных в памяти вычислительного устройства передаточных чисел u_i (об/мин) между каждой передачей зацеплением и двигателем и числом зубьев шестерни z_i (зубчатого колеса на ведущем валу передачи) рассчитывается зубцовая частота f_{zi} каждой i -ой передачи

$$f_{zi} = \frac{z_i n_d}{60 u_i} \quad (\text{Гц}), \quad (2)$$

затем через первый цифровой выход контроллера 2 эти данные из вычислительного средства 12 передаются в программируемый модуль 6, где по ним настраивается пакет узкополосных фильтров (число фильтров соответствует числу зубцовых частот передач зацеплением трансмиссии) со срединной частотой, равной f_{zi} ;

через шестой выход контроллера 2 и через второй выход модуля 7 идентификации кинематической цепи трансмиссии полученные диагностические данные передаются соответственно на первый и второй входы модуля 10 расчета статической составляющей нагрузки;

через третий выход модуля 7 идентификации кинематической цепи трансмиссии полученные диагностические данные передаются на второй вход модуля 11 выделения динамической составляющей нагрузки;

в) при выполнении условий $n_d < 1000$ об./мин и $T > 0,9 T_{\max}$ (выполнение данного условия обеспечивается при поступлении на вычислительное устройство 12 сигналов с детекторов 8 и 9) эти данные передаются дальше через третий выход вычислительного устройства 12 на второй цифровой вход контроллера 2 и оттуда через шестой цифровой выход контроллера 2 данные о крутящем моменте передаются на первый вход модуля 10 расчета статической составляющей нагрузки, где с использованием поступившего через второй вход с модуля 7 идентификации кинематической цепи трансмиссии номера передачи и имеющихся в памяти модуля 10 расчета статической составляющей нагрузки информации о передаточных числах U_i между каждой передачей зацеплением и двигателем рассчитывается статическая составляющая крутящего момента T_i на входном валу i -ой передачи

$$T_i = \frac{T_d}{u_i}, \quad (3)$$

и эти данные из модуля 10 передаются на третий вход модуля 11 выделения динамической составляющей нагрузки;

г) аналоговый сигнал с датчика 1 виброускорений с I-го канала выделения измерительной информации поступает на первый аналоговый вход контроллера 2, в котором, при необходимости, с использованием размещенных внутри контроллера 2 программируемых усилителей этот сигнал усиливается до нормируемого уровня, затем преобразовываются в цифровой вид аналого-цифровой преобразователем через первый цифровой выход передается на предварительно настроенный (пункт б) на зубцовые частоты программируемый модуль 6 узкополосной фильтрации вибросигнала, где выделяется каждый сигнал с зубцовой частотой f_{zi} и параметры его изменения в реальном масштабе времени передаются на первый вход модуля 11 выделения динамической составляющей нагрузки, где по полученным данным определяется среднее квадратическое значение вибросигнала L_i каждой передачи зацеплением, в момент диагностирования передающей крутящий момент от двигателя к задним колесам трактора.

В модуле 11 выделения динамической составляющей нагрузки по методике [4] по предварительно определенному и зафиксированному в памяти модуля 11 коэффициенту

ВУ 20864 С1 2017.02.28

пропорциональности k_d между динамической составляющей нагрузки T_v и средним квадратическим значением вибросигнала L определяются величина T_{vi} для каждой i -ой передачи

$$T_{vi} = k_d - L_i, \quad (4)$$

и ее отношение k_{vi} к статической составляющей нагрузки M_i

$$k_{vi} = T_{vi}/T_i. \quad (5)$$

Значения k_{vi} из модуля 11 выделения динамической составляющей нагрузки передаются на четвертый вход вычислительного средства 12, где сравниваются с эталонными исходными значениями и по их отклонениям, связанным с изменением технического состояния каждой из передач зацеплением трансмиссии, оценивается техническое состояние этих передач, информация о котором передается из вычислительного устройства 12 на регистрирующее устройство 13 и на индикатор 14.

Это позволяет по результатам диагностирования определить, зафиксировать в регистрирующем устройстве и при необходимости вывести на экран индикатора техническое состояние каждой передачи диагностируемой трансмиссии.

Источники информации:

1. А.с. СССР 1679234, МПК G 01M 7/00, 1991.
2. Патент 2125248 RU, МПК G 01H 17/00, 1997.
3. Патент 7366 ВУ, МПК G 01H 17/00, 2005.
4. Патент 4261 ВУ, МПК G 01H 17/00, 2001.