

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **20857**

(13) **С1**

(46) **2017.02.28**

(51) МПК

F 15B 19/00 (2006.01)

(54) **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ГИДРОПРИВОДА
ЭНЕРГОНАСЫЩЕННОГО ТРАКТОРА**

(21) Номер заявки: а 20131488

(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 7241 С1, 2005.

ВУ 7240 С1, 2005.

ВУ 628 U, 2002.

RU 2495284 С1, 2013.

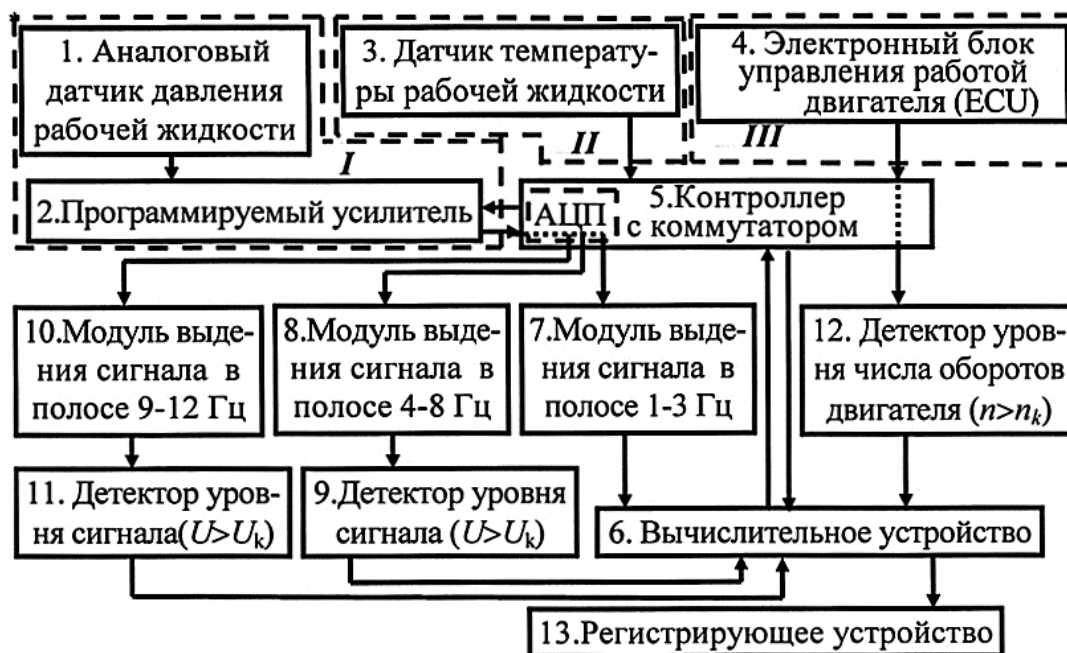
SU 1793111 А1, 1993.

JPH 07134080 А, 1995.

US 2005/0234660 А1.

(57)

Устройство для диагностики гидропривода энергонасыщенного трактора, содержащее три канала выделения измерительной информации, первый из которых содержит аналоговый датчик давления рабочей жидкости, выход которого соединен с первым входом программируемого усилителя, второй канал содержит датчик температуры рабочей жидкости, а третий канал содержит устройство контроля частоты оборотов двигателя, контроллер,



Фиг. 1

ВУ 20857 С1 2017.02.28

первые вход и выход которого соединены соответственно с выходом и вторым входом программируемого усилителя, второй вход контроллера соединен с выходом датчика температуры рабочей жидкости, а его третий вход - с выходом устройства контроля частоты оборотов; вычислительное устройство, первые вход и выход которого соединены соответственно со вторым выходом и четвертым входом контроллера, регистрирующее устройство, вход которого соединен со вторым выходом вычислительного устройства, индикатор, вход которого соединен с третьим выходом вычислительного устройства; три модуля выделения сигнала по частоте колебаний давления, два детектора уровня сигнала с датчика давления и детектор частоты оборотов, причем первый модуль имеет полосу пропускания сигнала от 1 до 3 Гц, второй - от 4 до 7 Гц, третий - от 8 до 12 Гц, входы модулей соединены соответственно с третьим, четвертым и пятым выходами контроллера, выход первого модуля - со вторым входом вычислительного устройства, а выходы второго и третьего модулей соединены со входами соответствующих первого и второго детекторов уровня сигнала, причем выходы первого и второго детекторов уровня сигнала соединены соответственно с третьим и четвертым входами вычислительного устройства, шестой выход контроллера соединен с детектором частоты оборотов, выход которого соединен с пятым входом вычислительного устройства.

Изобретение относится к области измерительной техники, преимущественно к области диагностики и экспресс-анализа технического состояния гидроприводов навесных устройств энергонасыщенных тракторов "Беларус".

Эффективным методом диагностики технического состояния гидроприводов навесных устройств энергонасыщенных тракторов "Беларус" является анализ колебаний давления в гидроприводе, возникающих в процессе подъема груза вследствие собственных колебаний поднимаемого груза на штоках гидроцилиндров и трактора в целом [1].

Вместе с тем достоверность информации может быть обеспечена только при определенных скоростных режимах работы двигателя и массе поднимаемого навесными устройствами груза. При испытаниях создание таких режимов и нагружение требуемой массой не представляется проблемными. Вместе с тем при использовании этого способа мониторинга при его реализации в бортовой системе мониторинга технического состояния гидроприводов навесных устройств энергонасыщенных тракторов в процессе его эксплуатации достаточно проблематично из-за сложности выделения информативных режимов существующих аппаратных средств вследствие их ограниченных функциональных возможностей.

Известно устройство для диагностики приводных систем [2], содержащее последовательно соединенные первичный преобразователь, усилитель, блок распознавания сигналов, блок пороговых элементов и блок индикации.

Недостатком данного устройства является то, что использование его в бортовой системе мониторинга технического состояния гидроприводов навесных устройств энергонасыщенных тракторов в процессе эксплуатации крайне ограничено из-за невозможности выделения информативных режимов при динамически изменяющихся режимах функционирования вследствие ограниченных функциональных возможностей устройства.

Известно многоканальное устройство для диагностики приводных систем [3], каждый канал которого содержит первичный преобразователь, предварительный усилитель, аналого-цифровой преобразователь, блок распознавания сигналов, индикатор, программируемый вычислитель, регистрирующее устройство и блок команд.

Существенным недостатком этого устройства является то, что в условиях динамически изменяющихся режимов оно обладает крайне ограниченными возможностями выделения из регистрируемых данных составляющей, проявляющейся только на определенных скоростях вращения двигателя и определенной величине нагруженности гидропривода

при колебаниях давления с собственными частотами колебаний массы, связанной со штоками гидроцилиндров, и трактора в целом.

Из известных наиболее близким техническим решением к предлагаемому является устройство для диагностики гидроприводов машин [4], содержащее три канала выделения измерительной информации, первый из которых включает последовательно соединенные аналоговый датчик давления, программируемый усилитель, первый вход которого связан с выходом аналогового датчика давления, второй канал выделения измерительной информации содержит датчик температуры, третий канал измерительной информации содержит устройство контроля частоты оборотов насоса; контроллер, первые вход и выход которого связаны соответственно с выходом и вторым входом программируемого усилителя; вычислительное устройство, первые вход и выход которого связаны соответственно со вторым выходом и вторым входом контроллера; регистрирующее устройство, вход которого связан со вторым выходом вычислительного средства; индикатор, вход которого связан с третьим выходом вычислительного средства.

Недостатком прототипа являются ограниченные возможности оценки технического состояния гидроприводов мобильных машин, имеющих динамически изменяющиеся режимы функционирования. Это связано с тем, что при динамически изменяющихся нагружения сложно выделить из регистрируемых данных информативную составляющую, проявляющуюся только на определенных скоростях вращения двигателя и определенной величине нагруженности гидропривода при колебаниях давления с собственными частотами колебаний массы, связанной со штоками гидроцилиндров, и трактора в целом.

Задачей изобретения является расширение технических возможностей оценки технического состояния гидроприводов мобильных машин, имеющих динамически изменяющиеся режимы функционирования.

Поставленная задача решается тем, что устройство для диагностики гидропривода энергонасыщенного трактора, содержащее три канала выделения измерительной информации, первый из которых содержит аналоговый датчик давления рабочей жидкости, выход которого соединен с первым входом программируемого усилителя, второй канал содержит датчик температуры рабочей жидкости, а третий канал содержит устройство контроля частоты оборотов двигателя, контроллер, первые вход и выход которого соединены соответственно с выходом и вторым входом программируемого усилителя, второй вход контроллера соединен с выходом датчика температуры рабочей жидкости, а его третий вход - с выходом устройства контроля частоты оборотов; вычислительное устройство, первые вход и выход которого соединены соответственно со вторым выходом и четвертым входом контроллера, регистрирующее устройство, вход которого соединен со вторым выходом вычислительного устройства, индикатор, вход которого соединен с третьим выходом вычислительного устройства; три модуля выделения сигнала по частоте колебания давления, два детектора уровня сигнала с датчика давления и детектор частоты оборотов, причем первый модуль имеет полосу пропускания сигнала от 1 до 3 Гц, второй - от 4 до 7 Гц, третий - от 8 до 12 Гц, входы модулей соединены соответственно с третьим, четвертым и пятым выходами контроллера, выход первого модуля - со вторым входом вычислительного устройства, а выходы второго и третьего модулей соединены со входами соответствующих первого и второго детекторов уровня сигнала, причем выходы первого и второго детекторов уровня сигнала соединены соответственно с третьим и четвертым входами вычислительного устройства, шестой выход контроллера соединен с детектором частоты оборотов, выход которого соединен с пятым входом вычислительного устройства.

Значения полос пропускания для модулей выделения сигнала, оборотов двигателя и нагруженности (напряжении U_k с датчика давления) гидроприводов навесных устройств энергонасыщенных тракторов "Беларус" получены в результате экспериментальных исследований.

Расширение технических возможностей устройства для диагностирования и экспресс-анализа технического состояния гидроприводов достигается за счет следующего.

Регистрация и первичная обработка диагностической информации с датчика давления осуществляется после того, как одновременно появляется сигнал с электронного блока управления работой двигателя (ECU) (двигателя внутреннего сгорания (ДВС) типа Duetz) с детекторов уровня частоты оборотов ДВС ($n > n_k$) и одного из детекторов ($U > U_k$) уровня колебаний давления рабочей жидкости в гидроприводе.

При соблюдении этого условия регистрируется и обрабатывается в соответствии с алгоритмами первичной обработки сигнал с датчика давления, разделенный по частотам (частоты колебаний $1 \div 3$ Гц соответствуют собственным колебаниям трактора, частоты колебаний $4 \div 8$ Гц - собственным колебаниям массы поднимаемого груза передним навесным устройством трактора, частоты колебаний $9 \div 12$ Гц - собственным колебаниям массы поднимаемого груза задним навесным устройством трактора). При этом учитывается масса поднимаемого груза, которая определяется по среднему давлению. Обработка диагностических данных осуществляется с учетом частоты вращения ДВС. В совокупности это позволяет получить в условиях эксплуатации информативные диагностические данные, обеспечивающие достоверную диагностическую информацию о техническом состоянии гидропривода.

Сущность изобретения поясняется фигурами, где на фиг. 1 показана схема устройства для диагностики гидропривода навесных устройств энергонасыщенного трактора, на фиг. 2 - типовая осциллограмма изменения напряжения с датчика давления в гидроприводе навесного устройства, на фиг. 3 - типовой вид выделенного фильтрами сигнала о колебаниях давления в диапазоне частот $4 \div 8$ или $9 \div 12$ Гц.

Устройство для диагностики гидропривода навесных устройств энергонасыщенного трактора (фиг. 1) содержит три канала выделения измерительной информации:

I канал включает последовательно соединенные аналоговый датчик давления 1 и программируемый усилитель 2, первый вход которого связан с выходом аналогового датчика давления 1;

II канал выделения измерительной информации включает датчик 3 температуры рабочей жидкости, в качестве которого используется цифровой датчик температуры DS 1820;

III канал выделения измерительной информации содержит устройство 4 контроля частоты оборотов, в качестве которого использован электронный блок управления работой двигателя (ECU) (двигателя внутреннего сгорания типа Duetz).

Кроме этого, в состав устройства входят:

контроллер 5, у которого первый (аналоговый) вход (с АЦП) и первый (цифровой) выход связаны с соответствующим аналоговым выходом и цифровым входом программируемого усилителя 2, второй цифровой вход связан с цифровым выходом датчика 3 температуры (DS 1820) рабочей жидкости, третий цифровой вход связан с цифровым выходом устройства 4 контроля частоты оборотов электронного модуля управления (ECU) работой двигателя (контроллер 5 имеет встроенный АЦП и коммутатор, в качестве серийно изготавливаемого контроллера может быть использован, например, ADCU14-8D);

вычислительное устройство 6, первый вход и выход которого связаны соответственно со вторым выходом и четвертым (цифровым) входом контроллера 5;

три модуля, соответственно 7, 8 и 9, выделения сигнала по частоте колебаний давления соответственно, из которых:

а) модуль 7 выделения сигнала по частоте колебаний давления имеет полосу пропускания $1-3$ Гц (цифровой широкополосный фильтр), вход которого связан с третьим (цифровым) выходом контроллера 5, а выход связан со вторым входом вычислительного устройства 6;

б) модуль 8 выделения сигнала по частоте колебаний давления, имеющий полосу пропускания $4-8$ Гц (цифровой широкополосный фильтр), вход которого связан с четвертым (цифровым) выходом контроллера 5;

ВУ 20857 С1 2017.02.28

в) модуль 9 выделения сигнала по частоте колебаний давления, имеющий полосу пропускания 8-12 Гц (цифровой широкополосный фильтр), вход которого связан с пятым (цифровым) выходом контроллера 5;

детектор 10 уровня сигнала, вход которого связан с выходом модуля 8 выделения сигнала по частоте колебаний давления 4ч-8 Гц, а выход связан с третьим входом вычислительного устройства 6;

детектор уровня сигнала 11, вход которого связан с выходом модуля 10 выделения сигнала по частоте колебания давления 8-12 Гц, а выход связан с четвертым входом вычислительного устройства 6;

детектор 12 уровня числа оборотов, вход которого связан с шестым выходом контроллера 5, а выход связан с пятым входом вычислительного устройства 6;

регистрирующее устройство 13, вход которого связан со вторым выходом вычислительного устройства 6;

индикатор 14, вход которого связан с третьим выходом вычислительного устройства 6.

Устройство работает следующим образом.

При работе трактора (не показан) через контроллер 5 на вычислительное устройство 6 поступает диагностическая информация:

с аналогового датчика 1 давления, которая усиливается до нормируемого уровня программируемым усилителем 2 (программируемый усилитель 2 управляется с целью установки требуемого коэффициента усиления сигнала через первые аналоговый вход и цифровой выход контроллера 5 вычислительным устройством 6), преобразуется встроенным в контроллер 5 АЦП в цифровой вид, посредством встроенного в контроллер 5 коммутатора разделяется на три потока, после чего передается:

а) через третий (цифровой) выход контроллера 5 на вход модуля 7 выделения в полосе 1-3 Гц сигнала по частоте колебаний давления, регистрируемого датчиком 1, откуда с его выхода отфильтрованный сигнал поступает на второй вход вычислительного устройства 6, где сравнивается с пороговым значением U_0 , характеризующим нагруженность гидропривода;

б) через четвертый цифровой выход контроллера 5 на вход модуля 8 выделения в полосе 4-8 Гц сигнала по частоте колебаний давления, регистрируемого датчиком 1, откуда с его выхода отфильтрованный сигнал поступает на вход детектора 10 уровня сигнала и при превышении им заданного уровня $U > U_k$, характеризующее массу груза, связанного со штоками гидроцилиндров переднего навесного устройства (не показано) передается на третий вход вычислительного устройства 6;

в) через пятый цифровой выход контроллера 5 на вход модуля 9 выделения в полосе 8-12 Гц сигнала по частоте колебаний давления, регистрируемого датчиком 1, откуда с его выхода отфильтрованный сигнал поступает на вход детектора 11 уровня сигнала и при превышении им заданного уровня $U > U_k$, характеризующее массу груза, связанного со штоками гидроцилиндров заднего навесного устройства (не показано) передается на четвертый вход вычислительного устройства 6;

с цифрового датчика 3 температуры на второй цифровой вход контроллера 5, откуда через второй (цифровой) выход контроллера информация о температуре рабочей жидкости передается на первый вход вычислительного устройства 6;

с цифрового выхода устройства 4 контроля частоты оборотов модуля управления работой (ECU) двигателя электронного блока управления работой двигателя значения числа оборотов двигателя внутреннего сгорания Duetz поступают на третий (цифровой) вход контроллера 5, откуда с шестого выхода они передаются на вход детектора 12 уровня числа оборотов, обеспечивающего выделение значений числа оборотов ДВС в диапазоне частот вращения $n > 0,75n_{max}$, и при выполнении этого условия данные об оборотах ДВС передаются на пятый вход вычислительного устройства 6.

При наличии одновременного поступления на вычислительное устройство 6 диагностической информации с детектора 12 уровня числа оборотов двигателя и детекторов уровня 10 или 11 амплитуды колебаний давления в гидроприводе, эта информация начинает регистрироваться до момента прекращения ее поступления с детекторов 10 или 11 и 12.

Затем полученная информация обрабатывается по известной методике [1, с. 156-165] с идентификацией работы переднего (поступление информации с детектора 10 уровня сигнала на третий вход вычислительного устройства 6) или заднего (поступление информации с детектора 11 уровня сигнала на четвертый вход вычислительного устройства 6) навесных устройств с определением коэффициента полезного действия η_i (КПД) гидропривода (не показан).

При получении 12-16 значений η_i , осуществляется расчет их среднего значения η_c и с его использованием - значение остаточного ресурса гидропривода T_{PO} . При этом используются зависимости:

$$\eta_i = k_n \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (p_{\max i} - p_{bi})}{n \cdot m},$$

$$T_{PO} = \Delta T_p \frac{\eta_R - \eta_{\min}}{\Delta \eta},$$

где k_n - коэффициент пропорциональности, связывающий разность давлений ($p_{\max i} - p_{bi}$) (фиг. 2) с коэффициентом полезного действия гидропривода навесного устройства η_i (значение k_n различно для переднего и заднего навесных устройств, его значение корректируется в зависимости от температуры рабочей жидкости, а значение определяется предварительно и вносится в память вычислительного устройства 6, величины $p_{\max i}$, p_{bi} определяются через коэффициенты пропорциональности, связывающие их значения с соответствующими напряжениями $U_{p_{\max i}}$, $U_{p_{bi}}$, которые предварительно определяются и вносятся в память вычислительного устройства 6);

n - частота вращения двигателя;

m - масса связанного со штоками гидроцилиндров переднего или заднего навесных устройств груза;

η_R - КПД гидропривода до начала его эксплуатации в составе трактора;

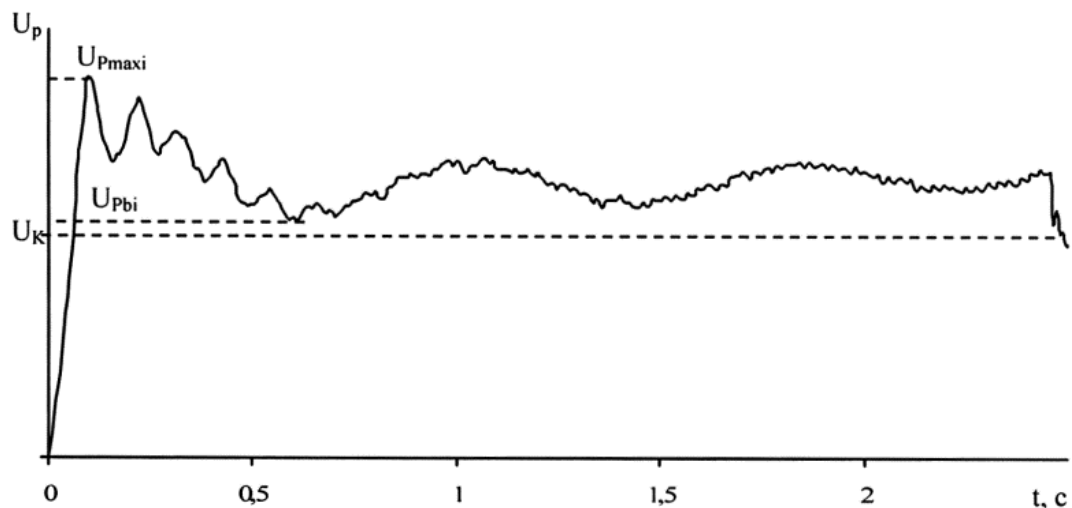
$\Delta \eta$ - градиент изменения КПД с начала эксплуатации;

η_{\min} - минимально допустимое значение КПД для гидропривода навесных устройств тракторов "Беларус".

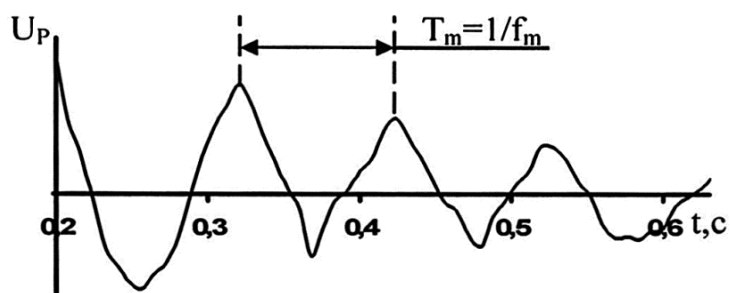
Использование предлагаемого технического решения позволяет существенно расширить технические возможности устройства, обеспечив диагностирование и экспресс-анализ технического состояния гидроприводов навесных устройств энергонасыщенных тракторов "Беларус" в эксплуатации.

Источники информации:

1. Усс И.Н., Басинюк В.Л., Мардосевич Е.И. Мониторинг технического состояния приводных систем тракторов "Беларус". -Гомель: ИММС НАН Беларуси. - 278 с.
2. А.С. СССР 1679234, МПК G 01M 7/00, 1991.
3. Патент RU 2125248, МПК G 01H 17/00, 1997.
4. Патент 7241 РБ, МПК G 01F 1/00, 2005.



Фиг. 2



Фиг. 3