

**ОПИСАНИЕ  
ПОЛЕЗНОЙ  
МОДЕЛИ К  
ПАТЕНТУ**

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **4050**

(13) **U**

(46) **2007.12.30**

(51) МПК (2006)

**G 01H 17/00**

(54) **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВИБРАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ  
ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЯХ КОНСТРУКЦИЙ  
И ДИАГНОСТИКЕ МЕХАНИЗМОВ  
С ВРАЩАТЕЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ**

(21) Номер заявки: u 20060802

(22) 2006.11.28

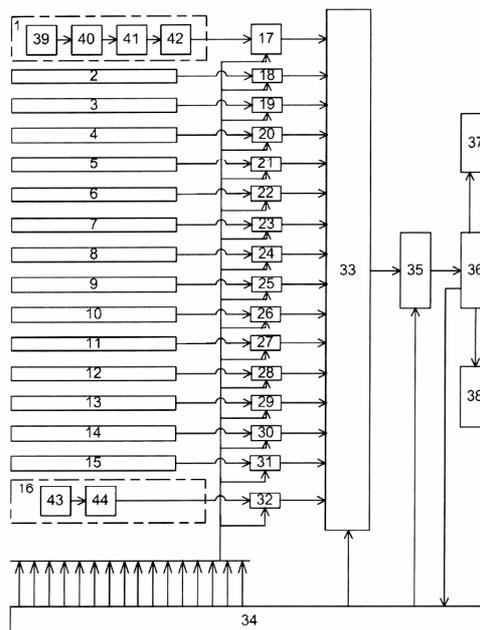
(71) Заявители: Учреждение "Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций" Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь; Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

(72) Авторы: Бранцевич Петр Юльянович; Ероховец Игорь Евгеньевич; Костюк Сергей Федорович; Носко Денис Витальевич; Кудряшов Александр Николаевич; Котов Сергей Григорьевич; Дедюля Александр Иванович; Жук Михаил Михайлович (ВУ)

(73) Патентообладатели: Учреждение "Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций" Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь; Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

(57)

Устройство для обработки вибрационных сигналов при динамических испытаниях конструкций и диагностике механизмов с вращательным движением, включающее



**ВУ 4050 U 2007.12.30**

# BY 4050 U 2007.12.30

первый, второй, третий, четвертый, пятый, шестой, седьмой, восьмой, девятый, десятый, одиннадцатый, двенадцатый, тринадцатый, четырнадцатый, пятнадцатый каналы выделения измерительной информации, каждый из которых содержит последовательно соединенные первичный виброизмерительный преобразователь, согласующий усилитель, переключаемый полосовой фильтр и нормализующий усилитель; аналого-цифровой преобразователь, программируемый вычислитель, запоминающее устройство, блок индикации, **отличающееся** тем, что содержит канал формирования синхронизирующих импульсов, включающий последовательно соединенные формирователь синхроимпульсов и устройство нормализации синхроимпульсов; с первого по шестнадцатый усилители канала аналого-цифрового преобразователя, первые входы которых соединены с выходами соответствующих каналов выделения измерительной информации и канала формирования синхроимпульсов; селектор каналов, первые шестнадцать входов которого соединены с выходами соответствующих усилителей канала аналого-цифрового преобразователя, а выход селектора каналов соединен с первым входом аналого-цифрового преобразователя; устройство управления аналого-цифровым преобразованием, выходы с первого по шестнадцатый которого соединены со вторыми входами соответствующих усилителей каналов аналого-цифрового преобразователя, семнадцатый выход которого соединен с семнадцатым входом селектора каналов, а восемнадцатый выход соединен со вторым входом аналого-цифрового преобразователя, выход которого соединен с первым входом программируемого вычислителя, первый выход которого соединен со входом устройства управления аналого-цифровым преобразованием, второй выход со входом запоминающего устройства, а третий выход со входом блока индикации, второй вход программируемого вычислителя соединен с выходом запоминающего устройства.

(56)

1. Патент RU 2125248, МПК G 01H 17/00, 1997.
2. Патент RU 2125716, МПК G 01H 17/00, 1997.
3. Патент RU 2146806, МПК G 01H 17/00, 1999.
4. Патент RU 2141635, МПК G 01M 17/00, 1999.
5. Патент BY 7327, МПК G 01H 17/00, 2005.

---

Предлагаемая полезная модель относится к области измерительной техники, которая используется при обработке вибрационных колебаний в системах поддержки принятия решений по оценке остаточной устойчивости и жесткости зданий и сооружений и системах оценки технического состояния и диагностирования механизмов с вращательным движением.

Широко известно устройство для виброакустической диагностики машин [1], которое содержит датчик вибросигнала, снабженный согласующим устройством, и измерительный блок. Согласующее устройство соединено с первым входом масштабного усилителя, соединенного через фильтр низких частот и компенсированный выпрямитель с входной диагональю резистивного моста и индикатором отношения амплитудного значения сигнала к его среднеквадратическому значению. Резистивный мост в одном звене содержит термозависимый детектор. Измерительная диагональ моста соединена через автоматический регулятор с вторым входом управления масштабного усилителя и с входом измерительного преобразователя сигнала управления в сигнал параметра среднеквадратического значения на первом входе масштабного усилителя [1].

Существенным недостатком устройства являются ограниченные функциональные возможности, так как определяются только самые общие параметры вибрации.

Известно устройство для виброакустической диагностики машин [2], которое содержит датчик вибросигнала, связанный с измерительным блоком. Измерительный блок со-

## ВУ 4050 U 2007.12.30

держит масштабный усилитель, подготовительный преобразователь, полосовой фильтр, детектор огибающей. Устройство снабжено блоком измерительного преобразования и индикатором с регистрацией результатов измерения на диаграмме, таймером и двухуровневым дифференциальным амплитудным селектором импульсов, связанным с детектором огибающей, задающим устройством и счетчиком импульсов. Последний входом управления началом и концом счета соединен с задающим устройством, а выходом - с блоком измерительного преобразования. Блок измерительного преобразования подключен к индикатору и задающему устройству. Обеспечивает построение на диаграмме индикатора графика функции плотности распределения вероятностей частот следования импульсов ударов по их амплитудам.

Недостатком устройства являются ограниченные функциональные возможности, так как оно ориентировано только на решение задачи выделения огибающей вибрационного сигнала.

Известно устройство для измерения виброперемещений [3], содержащее последовательно соединенные вибропреобразователь, усилитель, фильтр нижних частот (ФНЧ), фильтр верхних частот (ФВЧ), интегратор, усилитель, ФВЧ, интегратор, ФВЧ и усилитель. К выходу последнего подключены, во-первых, последовательно соединенные детектор среднеквадратичного сигнала, аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и блок индикации, а во-вторых, последовательно соединенные АЦП, анализатор спектра и блок отображения. Вибропреобразователь является акселерометром с амплитудной характеристикой, имеющей линейный участок, превышающий максимальные амплитуды случайных ударных воздействий, и амплитудно-частотной характеристикой, имеющей равномерный участок, превышающий третью гармонику частоты ударных воздействий. ФВЧ на входах интеграторов выполнены с линейной фазочастотной характеристикой. Устройство работоспособно при воздействии случайных ударов и обеспечивает измерение низкочастотных перемещений малого уровня, а также спектральный анализ измеренных виброперемещений, что повышает достоверность контроля и диагностики.

Недостатком устройства является ориентация только на определение параметров виброперемещения, что существенно сужает частотную полосу исследуемых вибраций.

Известен способ динамических испытаний зданий и сооружений и устройство для его осуществления [4], содержащее ударное устройство возбуждения колебаний испытуемого объекта и установленный на объекте блок преобразования вибрации в электрический сигнал, выход которого последовательно соединен со входом АЦП, а выход АЦП со входом цифрового запоминающего устройства, выход ударного устройства соединен со входом блока формирования электрического синхроимпульса, выход которого соединен со входом блока управления запоминающим устройством, выход которого соединен со вторым входом цифрового запоминающего устройства.

Недостатком данного устройства являются ограниченные функциональные возможности, так как осуществляется только регистрация вибрационных колебаний исследуемых конструкций.

Из известных аналогов наиболее близким техническим решением к предлагаемой полезной модели является устройство для диагностики передач зацеплением [5], включающее канал выделения измерительной информации, программируемый вычислитель, блок команд, индикатор, регистрирующее устройство, регулируемый источник стабилизированного постоянного тока, вход которого связан с выходом блока команд. Канал выделения измерительной информации содержит первичный преобразователь вибрационных сигналов, первый регулируемый усилитель, первый вход которого связан с выходом первичного преобразователя вибрационных сигналов, регулируемый фильтр низкой частоты, первый вход которого связан с выходом первого регулируемого усилителя, первый аналого-цифровой преобразователь, первый вход которого связан с выходом регулируемого фильтра низкой частоты, вольтметр, вход которого связан с выходом источника постоян-

## BY 4050 U 2007.12.30

ного тока, второй регулируемый усилитель, первый вход которого связан с выходом вольтметра, второй аналого-цифровой преобразователь, первый вход которого связан с выходом второго регулируемого усилителя, и контроллер, при этом первый вход и выход контроллера связаны с соответствующими выходом и вторым входом первого аналого-цифрового преобразователя, вторые вход и выход контроллера связаны с соответствующими выходом и вторым входом второго аналого-цифрового преобразователя, третий и четвертый выходы контроллера связаны с соответствующими вторыми входами первого и второго регулируемых усилителей, пятый выход контроллера связан со вторым входом регулируемого фильтра низкой частоты, третий вход и шестой выход контроллера связаны соответственно с четвертым выходом и входом программируемого вычислителя, а первый, второй и третий выходы программируемого вычислителя связаны соответственно со входами блока команд, индикатора и регистрирующего устройства.

Основными недостатками этого устройства являются сложность, ориентация на вибрационную диагностику только зубчатых зацеплений, не предусмотрена синхронизация исследуемых вибрационных сигналов с вращением приводного вала, отсутствует возможность одновременной обработки данных, полученных в нескольких точках контроля механизма.

Задачей полезной модели является расширение функциональных возможностей анализа вибрационных сигналов и повышение точности вычисления параметров вибрации при оценке технического состояния механизмов с вращательным движением и конструкций по вибрационным параметрам.

Задача решается за счет того, что в предлагаемое устройство для обработки вибрационных сигналов при динамических испытаниях конструкций и диагностике механизмов с вращательным движением, включающее первый, второй, третий, четвертый, пятый, шестой, седьмой, восьмой, девятый, десятый, одиннадцатый, двенадцатый, тринадцатый, четырнадцатый, пятнадцатый каналы выделения измерительной информации, каждый из которых содержит последовательно соединенные первичный виброизмерительный преобразователь, согласующий усилитель, перестраиваемый полосовой фильтр и нормализующий усилитель; аналого-цифровой преобразователь, программируемый вычислитель, запоминающее устройство, блок индикации, дополнительно снабжено каналом формирования синхронизирующих импульсов, включающий последовательно соединенные формирователь синхроимпульсов и устройство нормализации синхроимпульсов; первый, второй, третий, четвертый, пятый, шестой, седьмой, восьмой, девятый, десятый, одиннадцатый, двенадцатый, тринадцатый, четырнадцатый, пятнадцатый, шестнадцатый усилители канала аналого-цифрового преобразователя, первые входы которых соединены с выходами соответствующих каналов выделения измерительной информации и канала формирования синхроимпульсов; селектор каналов, первые шестнадцать входов которого соединены с выходами соответствующих усилителей канала аналого-цифрового преобразователя, а выход селектора каналов соединен с первым входом аналого-цифрового преобразователя; устройство управления аналого-цифровым преобразованием, выходы с первого по шестнадцатый которого соединены со вторыми входами соответствующих усилителей каналов аналого-цифрового преобразователя, семнадцатый выход которого соединен с семнадцатым входом селектора каналов, а восемнадцатый выход соединен со вторым входом аналого-цифрового преобразователя, выход которого соединен с первым входом программируемого вычислителя, первый выход которого соединен со входом устройства управления аналого-цифровым преобразованием, второй выход со входом запоминающего устройства, а третий выход со входом блока индикации, второй вход программируемого вычислителя соединен с выходом запоминающего устройства.

Многофункциональная обработка вибрационных сигналов при динамических испытаниях конструкций и диагностике механизмов с вращательным движением и высокая точность вычисления параметров вибрации достигается за счет конструктивных особенно-

## ВУ 4050 U 2007.12.30

стей устройства, обеспечивающих многопараметрический анализ вибрационных колебаний исследуемых объектов в пятнадцати, выбираемых по требованию, точках контроля синхронно с вращением приводного вала или возбуждающего воздействия с перестраиваемым частотным разрешением и оптимизацией уровня сигналов, поступающих на вход АЦП. При этом могут быть получены как гармонический спектр, так и амплитудно-фазовый порядковый спектр вибрационных колебаний, а также зафиксировано распространение вибрационной волны в испытываемой конструкции. К конструктивным особенностям предлагаемого устройства можно отнести наличие:

канала формирования синхроимпульсов, который формирует импульсы с частотой, равной частоте вращения вала при исследованиях механизмов с вращательным движением, или с частотой, равной частоте ударных воздействий при испытаниях конструкций, что позволяет определять частоту основной возбуждающей силы и затем вычислять спектральные составляющие вибрации, кратные этой частоте, реализуя порядковый анализ, определять фазовые параметры этих составляющих вибраций, а также фиксировать распространение вибрационной волны в конструкции;

селектора каналов, который позволяет в мультиплексном режиме выделять при анализе только требуемые каналы в требуемой последовательности;

усилителей каналов АЦП, которые обеспечивают уровень сигнала на входе АЦП для каждого измерительного канала максимально приближенным к амплитудному диапазону аналого-цифрового преобразователя;

устройства управления аналого-цифровым преобразованием, обеспечивающего управление частотой дискретизации АЦП, количеством и порядком выбора опрашиваемых каналов, величиной усиления усилителей каналов АЦП.

На фигуре представлена общая схема устройства для обработки вибрационных сигналов при динамических испытаниях конструкций и диагностике механизмов с вращательным движением.

Устройство состоит из пятнадцати каналов выделения измерительной информации 1-15 (включающих в себя первичный виброизмерительный преобразователь 39, согласующий усилитель 40, перестраиваемый полосовой фильтр 41, нормализующий усилитель 42), канала формирования синхронизирующих импульсов 16 (включающий в себя формирователь синхроимпульсов 43 и устройство нормализации синхроимпульсов 44), шестнадцати усилителей канала АЦП 17-32, селектор каналов 33, устройство управления аналого-цифровым преобразованием 34, аналого-цифрового преобразователя 35, программируемого вычислителя 36, запоминающего устройства 37, блока индикации 38.

Устройство работает следующим образом.

Перед началом работы первичные виброизмерительные преобразователи 39 закрепляются в точках контроля исследуемого объекта, а формирователь синхроимпульсов 41 с помощью согласующего и нормализующего усилителей 40 и 42 устанавливается таким образом, чтобы обеспечить формирование синхроимпульсов.

Затем программируемый вычислитель 36 определяет режим ввода данных. Для этого он формирует управляющие коды, коэффициенты усиления усилителей канала АЦП, порядок опроса каналов ввода, частоту дискретизации АЦП, объем порции принимаемых данных, которые передаются в устройство управления аналого-цифровым преобразованием 34, а оно затем в соответствии с полученными от программируемого вычислителя кодами формирует управляющие воздействия для усилителей канала АЦП 17-32, селектора каналов 33 и АЦП 35. После чего устройство готово к регистрации вибрационных колебаний.

После этого программируемый вычислитель 36 передает команду в устройство управления аналого-цифровым преобразованием 34, инициирующую начало ввода данных. Параллельно производятся реализуемые селектором каналов 33 съём и оцифровка с помощью АЦП 35 сигналов, представляющих вибрационные колебания в точках контроля от

## **BY 4050 U 2007.12.30**

измерителей информации 1-15. Полученные коды порциями поступают в программируемый вычислитель 36. Программируемый вычислитель 36 производит предварительную обработку принятых кодов, анализирует их амплитуду и корректирует коэффициенты усиления усилителей канала АЦП 17-32. Канал формирования синхронизирующих импульсов 16 с помощью формирователя синхроимпульсов 43 и устройства нормализации синхроимпульсов 44 обеспечивает возможность передачи зарегистрированных вибрационных сигналов по длинной линии связи. Затем производится совместная обработка принятых кодов (вибрационных сигналов и сигнала синхронизации) в соответствии с требуемым функциональным алгоритмом, определяются частота свободных колебаний конструкции и фазовые параметры вибрационных составляющих, и полученные результаты передаются вместе с исходными данными в запоминающее устройство, а также отображаются на экране блока индикации. Данные действия выполняются циклически на протяжении необходимого времени исследований. При этом получаемые результаты сравниваются с ранее полученными, когда объект исследований находился в технически исправном состоянии, или нормативно установленными, а также оценивается изменение соотношений между данными, полученными по разным каналам. На основании такого анализа делаются выводы об изменении технического состояния объекта.

Данное техническое решение позволяет обеспечить высокую точность и выполнять многофункциональный, многопараметрический анализ вибрационных сигналов в режиме реального времени с реализацией синхронизации по данным в соответствии с циклическостью вибрационного возбуждения объекта исследований, что значительно расширяет возможности выявления зарождающихся дефектов на ранних стадиях.