

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 8654

(13) U

(46) 2012.10.30

(51) МПК

G 01H 17/00 (2006.01)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИИ И ЗАЩИТЫ МЕХАНИЗМОВ С ВРАЩАТЕЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

(21) Номер заявки: u 20120282

(22) 2012.03.21

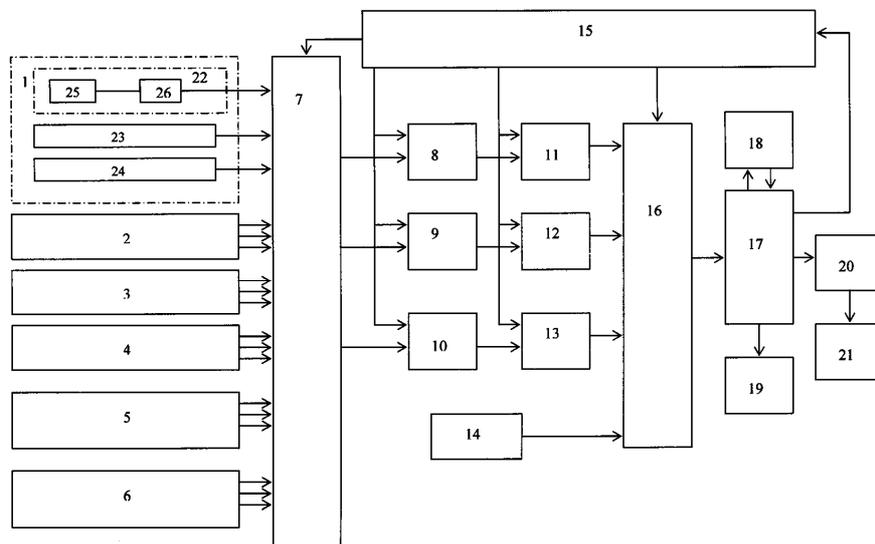
(71) Заявитель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

(72) Авторы: Бранцевич Петр Юльянович; Костюк Сергей Федорович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

(57)

Устройство для измерения параметров вибрации и защиты механизмов с вращательным движением, включающее аналого-цифровой преобразователь, программируемый вычислитель, устройство управления аналого-цифровым преобразованием, запоминающее устройство, блок индикации, канал формирования синхронизирующих импульсов, отличающееся тем, что содержит первый, второй, третий, четвертый, пятый, шестой трехканальные формирователи вибрационных измерительных сигналов, каждый из которых содержит первый, второй и третий каналы формирования виброизмерительных сигналов, причем каждый канал формирования виброизмерительных сигналов содержит последовательно соединенные первичный виброизмерительный преобразователь и согласующий усилитель, аналоговый коммутатор, первый, второй, третий фильтры низкой частоты, первый, второй, третий масштабирующие усилители, программируемый блок принятия решений, блок формирования сигнала защитного отключения, при этом выходы первого, второго, третьего, четвертого, пятого и шестого трехканальных формирователей вибрационных измерительных сигналов соединены со входами с первого по восемнадцатый аналогового коммутатора, первый, второй и третий выходы аналогового коммутатора



ВУ 8654 U 2012.10.30

BY 8654 U 2012.10.30

соединены соответственно с первыми входами первого, второго и третьего фильтров низкой частоты, выходы первого, второго и третьего фильтров низкой частоты соединены соответственно с первыми входами первого, второго и третьего масштабирующих усилителей, выходы первого, второго и третьего масштабирующих усилителей соединены, соответственно с первым, вторым, третьим входами аналого-цифрового преобразователя, выход канала формирования синхронизирующих импульсов соединен с четвертым входом аналого-цифрового преобразователя, выход аналого-цифрового преобразователя соединен с первым входом программируемого вычислителя, первый выход программируемого вычислителя соединен со входом запоминающего устройства, а выход запоминающего устройства соединен со вторым входом программируемого вычислителя, второй выход программируемого вычислителя соединен со входом устройства управления аналого-цифровым преобразованием, первый выход устройства управления аналого-цифровым преобразованием соединен с девятнадцатым входом аналогового коммутатора, второй выход устройства управления аналого-цифровым преобразованием соединен со вторыми входами фильтров низкой частоты, третий выход устройства управления аналого-цифровым преобразованием соединен со вторыми входами масштабирующих усилителей, четвертый выход устройства управления аналого-цифровым преобразованием соединен с пятым входом аналого-цифрового преобразователя, третий выход программируемого вычислителя соединен со входом программируемого блока принятия решений, четвертый выход программируемого вычислителя соединен со входом блока индикации, а выход программируемого блока принятия решений соединен со входом блока формирования сигнала защитного отключения.

(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 BY 7327, МПК G 01H 17/00, 2005
5. Патент BY на полезную модель 4050, МПК G 01H 17/00, 2007

Полезная модель относится к области измерительной техники, назначением которой является определение параметров вибрации механизмов с вращательным движением, мониторинг их технического состояния и принятие решений по защите.

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 со вторым входом управления масштабного усилителя и с входом измерительного преобразователя сигнала управления в сигнал параметра среднеквадратического значения на первом входе масштабного усилителя.

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 содержит масштабный усилитель, подготовительный преобразователь, полосовой фильтр, детектор огибающей. Устройство снабжено блоком измерительного преобразования и ин-

дикатором 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 возможности анализа и частотную полосу исследуемых вибраций.

Известно устройство для диагностики передач зацеплением [4], 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 постоянного 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.

Недостатками этого устройства являются сложность и ориентация на вибрационную диагностику только зубчатых зацеплений, отсутствие синхронизации исследуемых вибрационных сигналов с вращением приводного вала.

Из известных аналогов наиболее близким по техническому решению к предлагаемой полезной модели является устройство [5] 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, канал 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 каналов 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 каналов 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.

Основными недостатками этого устройства являются структурная сложность и отсутствие возможности осуществлять защиту контролируемого объекта от значительных повреждений по вибрационным параметрам.

Задачей полезной модели является расширение функциональных возможностей устройства за счет реализации функции защиты контролируемых механизмов от существенных повреждений на основе анализа их вибрационного состояния, а также сокращение аппаратных затрат на реализацию за счет структурной реконфигурации.

Задача решается за счет того, что предлагается устройство для измерения параметров вибрации и защиты механизмов с вращательным движением, содержащее аналого-цифровой преобразователь, программируемый вычислитель, устройство управления аналого-цифровым преобразованием, запоминающее устройство, блок индикации, канал формирования синхронизирующих импульсов и дополнительно включающее первый, второй, третий, четвертый, пятый, шестой трехканальные формирователи вибрационных измерительных сигналов, каждый из которых содержит первый, второй и третий каналы формирования виброизмерительных сигналов, причем каждый канал формирования виброизмерительных сигналов содержит последовательно соединенные первичный виброизмерительный преобразователь и согласующий усилитель, аналоговый коммутатор, первый, второй, третий фильтры низкой частоты, первый, второй, третий масштабирующие усилители, программируемый блок принятия решений, блок формирования сигнала защитного отключения, при этом выходы первого, второго, третьего, четвертого, пятого и

BY 8654 U 2012.10.30

шестого трехканальных формирователей вибрационных измерительных сигналов соединены со входами с первого по восемнадцатый аналогового коммутатора, первый, второй и третий выходы аналогового коммутатора соединены соответственно с первыми входами первого, второго и третьего фильтров низкой частоты, выходы первого, второго и третьего фильтров низкой частоты, соединены соответственно с первыми входами первого, второго и третьего масштабирующих усилителей, выходы первого, второго и третьего масштабирующих усилителей соединены соответственно с первым, вторым, третьим входами аналого-цифрового преобразователя, выход канала формирования синхронизирующих импульсов соединен с четвертым входом аналого-цифрового преобразователя, выход аналого-цифрового преобразователя соединен с первым входом программируемого вычислителя, первый выход программируемого вычислителя соединен со входом запоминающего устройства, а выход запоминающего устройства соединен со вторым входом программируемого вычислителя, второй выход программируемого вычислителя соединен со входом устройства управления аналого-цифровым преобразованием, первый выход устройства управления аналого-цифровым преобразованием соединен с девятнадцатым входом аналогового коммутатора, второй выход устройства управления аналого-цифровым преобразованием соединен со вторыми входами фильтров низкой частоты, третий выход устройства управления аналого-цифровым преобразованием соединен со вторыми входами масштабирующих усилителей, четвертый выход устройства управления аналого-цифровым преобразованием соединен с пятым входом аналого-цифрового преобразователя, третий выход программируемого вычислителя соединен со входом программируемого блока принятия решений, четвертый выход программируемого вычислителя соединен со входом блока индикации, а выход программируемого блока принятия решений соединен со входом блока формирования сигнала защитного отключения.

Расширение функциональных возможностей достигается за счет введения в состав устройства:

программируемого блока принятия решений, который осуществляет обработку параметров вибрационных сигналов, вычисленных программируемым вычислителем, причем алгоритм обработки задается с учетом особенностей контролируемого механизма, и принимает решение о переходе контролируемого механизма в состояние, требующее его остановки, принятое решение сопровождается выдачей соответствующего сигнала на выходе;

блока формирования сигнала защитного отключения, который анализирует сигналы, поступающие от программируемого блока принятия решений, и при их сохранении на протяжении некоторого устанавливаемого времени вырабатывает сигнал остановки контролируемого механизма, который передается на внешнее исполнительное устройство.

Введение в состав устройства данных блоков расширяет его функциональные возможности за счет реализации, помимо функций измерения параметров вибрации, функции защиты контролируемых механизмов от существенных повреждений.

Сокращение аппаратных затрат на реализацию устройства достигается за счет исключения из каналов формирования виброизмерительных сигналов фильтров и объединения согласующего и нормирующего усилителей, а также за счет сокращения числа масштабирующих усилителей.

На фигуре показано устройство для измерения параметров вибрации и защиты механизмов с вращательным движением. Устройство состоит из шести трехканальных формирователей вибрационных измерительных сигналов 1-6, аналогового коммутатора 7, трех фильтров низкой частоты 8-10, трех масштабирующих усилителей 11-13, канала формирования синхронизирующих импульсов 14, устройства управления аналого-цифровым преобразованием 15, аналого-цифрового преобразователя 16, программируемого вычислителя 17, запоминающего устройства 18, блока индикации 19, программируемого блока принятия решений 20, блока формирования сигнала защитного отключения 21.

ВУ 8654 U 2012.10.30

Каждый из трехканальных формирователей вибрационных измерительных сигналов содержит три канала формирования виброизмерительных сигналов 22-24, а каждый канал формирования виброизмерительных сигналов содержит последовательно соединенные первичный виброизмерительный преобразователь 25 и согласующий усилитель 26.

Первичный виброизмерительный преобразователь 25 осуществляет преобразование механических колебаний (вибраций) в электрический сигнал, пропорциональный виброускорению, согласующий усилитель 26 обеспечивает типовое значение коэффициента преобразования по виброускорению для каналов формирования виброизмерительных сигналов и возможность передачи сигнала по длинной линии связи.

Канал формирования синхронизирующих импульсов 14 на своем выходе вырабатывает импульсы, по форме близкие к прямоугольным, с частотой, равной частоте вращения вала при контроле механизмов с вращательным движением, обеспечивает их амплитудный уровень, соответствующий диапазону входных сигналов АЦП, и возможность передачи синхронизирующих импульсов по длинной линии связи.

Выходы трехканальных формирователей вибрационных измерительных сигналов 1-6 соединены со входами аналогового коммутатора 7. Сигналы с выходов трехканальных формирователей вибрационных измерительных сигналов поочередно коммутируются на выходы аналогового коммутатора. Каждый из выходов аналогового коммутатора 7 соединен соответственно с одним из информационных входов фильтра низкой частоты 8-10. Выходы фильтров низкой частоты 8-10 соединены соответственно с одним из информационных входов масштабирующих усилителей 11-13. Выходы масштабирующих усилителей 11-13 соединены соответственно с первыми тремя информационными входами АЦП 16. Выход канала формирования синхронизирующих импульсов 14 соединен с четвертым информационным входом АЦП 16.

Масштабирующие усилители производят масштабирование входных сигналов и обеспечивают уровень сигнала на своих выходах, близкий к динамическому диапазону по входу для АЦП.

Управление работой аналогового коммутатора, частотой среза фильтров низкой частоты, усилением масштабирующих усилителей и частотой дискретизации АЦП осуществляет устройство управления аналого-цифровым преобразованием 15, первый выход которого соединен с девятнадцатым входом аналогового коммутатора, второй выход - со вторыми входами фильтров низкой частоты, третий выход - со вторыми входами масштабирующих усилителей, четвертый выход устройства - с пятым входом аналого-цифрового преобразователя.

Устройство работает следующим образом.

Перед началом работы первичные виброизмерительные преобразователи трехканальных формирователей вибрационных измерительных сигналов 1-6 закрепляются в точках контроля исследуемого объекта (обычно это подшипниковые опоры), причем виброизмерительный преобразователь первого канала используется для контроля вибрации в вертикальном направлении, виброизмерительный преобразователь второго канала используется для контроля вибрации в горизонтальном направлении, а виброизмерительный преобразователь третьего канала используется для контроля вибрации в осевом направлении. Канал формирования синхронизирующих импульсов 14 монтируется таким образом, чтобы обеспечить формирование синхроимпульсов, при этом на валу исследуемого механизма с вращательным движением могут устанавливаться специальные метки.

Программируемый вычислитель 17 определяет режим ввода данных. Для этого он формирует управляющие коды, определяющие количество опрашиваемых трехканальных формирователей вибрационных измерительных сигналов 1-6, частоту среза фильтров низкой частоты 8-10, коэффициенты усиления масштабирующих усилителей 11-13, порядок опроса трехканальных формирователей вибрационных измерительных сигналов 1-6, частоту дискретизации АЦП 16, размер принимаемой реализации вибрационного сигнала.

ВУ 8654 U 2012.10.30

Управляющие коды передаются в устройство управления аналого-цифровым преобразованием 15, а устройство управления аналого-цифровым преобразованием 15 в соответствии с полученными от программируемого вычислителя кодами формирует управляющие воздействия для аналогового коммутатора 7, фильтров низкой частоты 8-10, масштабирующих усилителей 11-13 и АЦП 16.

Затем программируемый вычислитель 17 передает команду в устройство управления аналого-цифровым преобразованием 15, инициирующую начало ввода данных. Во время выполнения операции ввода данных выходы трехканальных формирователей вибрационных измерительных сигналов 1-6 в последовательности, определяемой устройством управления аналого-цифровым преобразованием 15, подключаются к информационным входам фильтров низкой частоты, причем первый выход трехканального формирователя вибрационных измерительных сигналов подключается ко входу фильтра низкой частоты 8, второй - ко входу фильтра низкой частоты 9, третий - ко входу фильтра низкой частоты 10. АЦП 17 осуществляет параллельно-последовательное преобразование сигналов. Параллельно осуществляется оцифровка сигналов по четырем каналам: по трем каналам осуществляется преобразование вибрационных сигналов, а по четвертому - сигнала синхронизации. После аналого-цифрового преобразования временной реализации заданного размера полученные данные передаются в программируемый вычислитель на обработку, аналоговый коммутатор 7 по команде от устройства управления аналого-цифровым преобразованием 15 осуществляет подключение выходов следующего трехканального формирователя вибрационных измерительных сигналов для оцифровки, а АЦП 17 по команде от устройства управления аналого-цифровым преобразованием 15 начинает осуществлять оцифровку сигналов. Эти действия в дальнейшем выполняются циклически.

Программируемый вычислитель 16 производит обработку получаемых массивов данных (вибрационных сигналов и сигнала синхронизации) в соответствии с запрограммированным функциональным алгоритмом, например осуществляется вычисление среднего квадратического значения вибрационных сигналов, амплитудных и фазовых параметров вибрационных составляющих, интенсивности вибрации в частотных полосах, выполняется спектральный анализ, порядковый анализ, вейвлет-анализ. Полученные результаты передаются вместе с исходными данными в запоминающее устройство 18 для хранения, в блок индикации 19 для отображения на экране, а также в программируемый блок принятия решений 20.

В программируемом блоке принятия решений 20 производится обработка данных, полученных от программируемого вычислителя 17. Алгоритм обработки программируется в соответствии с техническими особенностями контролируемого объекта и требованиями по обеспечению его защиты от повреждений. Например, в качестве критерия принятия решения о необходимости защитного отключения объекта может быть превышение средним квадратическим значением вибрации в какой-то из точек контроля некоторого установленного уровня или превышение средним квадратическим значением вибрации в нескольких точках контроля некоторых установленных уровней. Могут программироваться и более сложные алгоритмы выработки сигнала о необходимости защитного отключения объекта, учитывающие интенсивность вибрации в частотных полосах, или изменение амплитуд и начальных фаз вибрации отдельных частотных составляющих. Алгоритм обработки выполняется для каждой порции данных, получаемых от программируемого вычислителя 17. Сигнал о принятом решении с выхода программируемого блока принятия решений 20 поступает на вход блока формирования сигнала защитного отключения 21. В этом блоке производится анализ поступающих сигналов и если сигнал, идентифицирующий решение о необходимости защитного отключения контролируемого объекта, удерживается некоторый задаваемый интервал времени, то осуществляется формирование сигнала защитного отключения с необходимыми параметрами для исполнительного устройства, управляющего отключением контролируемого объекта. Временной контроль

ВУ 8654 U 2012.10.30

удержания сигнала идентифицирующего решение о необходимости защитного отключения контролируемого объекта необходим для предотвращения ложных срабатываний защиты.

Данное техническое решение позволяет обеспечить высокую точность определения значений вибрационных параметров, выполнять многофункциональный, многопараметрический анализ вибрационных сигналов в режиме реального времени, осуществлять мониторинг вибрационного состояния контролируемого объекта и формировать сигнал защитного отключения объекта при его переходе в аварийное состояние, требующее его остановки.