

**ОПИСАНИЕ  
ИЗОБРЕТЕНИЯ  
К ПАТЕНТУ**  
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ (19) **ВУ** (11) **5770**



(13) **C1**

(51)<sup>7</sup> **G 01M 7/00**

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(54) **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВИБРАЦИОННЫХ УСТАЛОСТНЫХ  
ИСПЫТАНИЙ ИЗДЕЛИЙ**

(21) Номер заявки: а 19980109

(22) 1998.02.05

(46) 2003.12.30

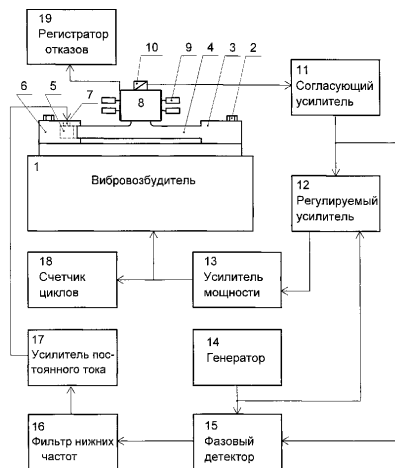
(71) Заявитель: Учреждение образования  
"Белорусский государственный уни-  
верситет информатики и радиоэлек-  
троники" (ВУ)

(72) Авторы: Хранцкевич Виктор Владими-  
рович; Назаренко Валерий Григорьевич;  
Сурин Виталий Михайлович; Держин-  
ский Станислав Мечиславович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение обра-  
зования "Белорусский государственный  
университет информатики и радио-  
электроники" (ВУ)

(57)

Устройство для вибрационных усталостных испытаний изделий, содержащее вибровозбудитель, закрепленный на его столе резонатор с датчиком ускорения, выход которого через согласующий усилитель соединен с управляющим входом регулируемого усилителя, сигнальный вход которого подключен к выходу задающего генератора, а выход соединен с входом усилителя мощности, выход которого подключен к вибровозбудителю и счетчику циклов, причем резонатор содержит балку прямоугольного сечения, опоры для закрепления концов балки и средства для продольного деформирования балки, отличающееся тем, что содержит фазовый детектор, фильтр нижних частот и усилитель постоянного тока, причем первый вход фазового детектора соединен с выходом согласующего усилителя, второй вход фазового детектора подключен к выходу задающего генератора, выход фазового детектора соединен с входом фильтра нижних частот, выход которого соединен с входом усилителя постоянного тока, средства для продольного деформирования балки выполнены в виде элементов из пьезокерамики, подключенных к выходу усилителя постоянного тока и установленных между балкой и одной из опор, выполненной с возможностью подключения к электродам элементов из пьезокерамики и возможностью допущения осевой подвижности конца балки, при этом опоры закреплены неподвижно.



Фиг. 1

**ВУ 5770 C1**

(56)

SU 1620874 A1, 1991.

SU 1456803 A1, 1989.

SU 1401316 A1, 1988.

DE 3241907 A1, 1984.

RU 2019800 C1, 1994.

---

Изобретение относится к устройствам для вибрационных усталостных испытаний партий изделий, устанавливаемых для получения повышенного уровня вибрации на резонатор, закрепляемый на столе вибрационного испытательного стенда.

Известно устройство, содержащее вибровозбудитель, закрепленный на его столе резонатор с датчиком ускорения, выход которого через предварительный усилитель соединен с входом системы управления виброустановкой, выход которой подключен через усилитель мощности к входу согласующего устройства, выход согласующего устройства подключен к вибровозбудителю, а испытуемые изделия закрепляются с помощью приспособления на резонаторе [1].

Наиболее близким к изобретению по технической сущности является устройство, содержащее вибровозбудитель, закрепленный на его столе резонатор с датчиком ускорения, выход которого через согласующий усилитель соединен с управляющим входом регулируемого усилителя, сигнальный вход которого подключен к выходу задающего генератора, а выход соединен с входом усилителя мощности, выход которого подключен к вибровозбудителю и счетчику циклов, причем резонатор содержит балку прямоугольного сечения, опоры для закрепления концов балки и средства для продольного деформирования балки [2].

Их недостатки - значительные потери времени при испытании изделий с отличающимися собственными частотами из-за механической регулировки резонатора и снижения достоверности результатов испытаний вследствие непостоянства нагрузки на изделия, вызываемого изменением жесткости резонатора.

Задачей настоящего изобретения является сокращение времени испытаний различных типов изделий и повышение достоверности результатов испытаний за счет автоматизации процесса перестройки собственной частоты резонатора.

Поставленная задача достигается тем, что в устройство для усталостных испытаний изделий, содержащем вибровозбудитель, закрепленный на его столе резонатор с датчиком ускорения, выход которого через согласующий усилитель соединен с управляющим входом регулируемого усилителя, сигнальный вход которого подключен к выходу задающего генератора, а выход соединен с входом усилителя мощности, выход которого подключен к вибровозбудителю и счетчику циклов, причем резонатор содержит балку прямоугольного сечения, опоры для закрепления концов балки и средства для продольного деформирования балки, введены фазовый детектор, фильтр нижних частот и усилитель постоянного тока, причем первый вход фазового детектора соединен с выходом согласующего усилителя, второй вход фазового детектора подключен к выходу задающего генератора, выход фазового детектора соединен с входом фильтра нижних частот, выход которого соединен с входом усилителя постоянного тока, средства для продольного деформирования балки выполнены в виде элементов из пьезокерамики, подключенных к выходу усилителя постоянного тока и установленных между балкой и одной из опор, выполненной с возможностью подключения к электродам элементов из пьезокерамики и возможностью допущения осевой подвижности конца балки, при этом опоры закреплены неподвижно.

Сущность изобретения заключается в том, что при приложении к электродам пьезокерамических элементов, установленных между балкой резонатора и неподвижной опорой, электрического напряжения происходит их продольное деформирование. В результате к балке прикладывается продольная сжимающая сила, изменяющая жесткость балки и, как

# BY 5770 C1

следствие, ее резонансную частоту. Регулируя величину прикладываемого напряжения, производят автоматическую перестройку резонансной частоты при испытании различных типов изделий. Стабильность резонансной частоты балки резонатора в процессе испытаний обеспечивается путем ее фазовой автоподстройки (ФАПЧ) к частоте возбуждения.

На фиг. 1 схематично изображено предлагаемое устройство для вибрационных усталостных испытаний изделий, на фиг. 2 - вид резонатора сверху.

Устройство для вибрационных усталостных испытаний изделий содержит вибровозбудитель 1, на столе которого болтами 2 закреплен резонатор 3, имеющий балку 4 прямоугольного сечения и средства для ее продольного деформирования, выполненные в виде пьезокерамических элементов 5, установленных между опорой 6 с прорезью 7 для подключения к электродам элементов и балкой 4, на которой закреплено приспособление 8 с испытуемыми элементами 9 и датчиком ускорения 10. Кроме того, имеется согласующий усилитель 11, регулируемый усилитель 12, усилитель мощности 13, задающий генератор 14, фазовый детектор 15, фильтр нижних частот (ФНЧ) 16, усилитель постоянного тока (УПТ) 17, счетчик циклов 18.

Выход датчика ускорения 10 соединен с входом согласующего усилителя 11, выход которого соединен с управляющим входом регулируемого усилителя 12 и с первым входом фазового детектора 15.

Выход задающего генератора 14 соединен с сигнальным входом регулируемого усилителя 12 и вторым входом фазового детектора 15, выход которого подключен через ФНЧ 16 к выходу УПТ 17, а его выход подключен к пьезокерамическим элементам 5. Выход регулируемого усилителя 12 через усилитель мощности 13 соединен с входом счетчика циклов 18 и входом подвижной катушки вибровозбудителя 1.

Устройство может быть снабжено регистратором отказов 19, связанным с испытуемыми изделиями и регистрирующим их разрушение.

Настройка устройства осуществляется в два этапа. В начале размыкается цепь автоматического поддержания заданной амплитуды ускорения резонатора 3. Для этого размыкается связь между блоками 11 и 12, тем самым размыкается цепь обратной связи, обеспечивающей поддержание виброускорения на резонаторе 3. При этом регулируемый усилитель 12 имеет минимальный коэффициент усиления, а, значит, и напряжение на его выходе имеет минимальное значение. Устанавливаем величину выходного сигнала задающего генератора 14 минимально возможным. Затем изменяем частоту задающего генератора 14. При попадании частоты задающего генератора 14 в полосу захвата системы ФАПЧ данного генератора к собственной частоте резонатора 3 ФНЧ 16 выделяет постоянную составляющую сигнала фазового детектора 15. Усиленная УПТ 17 данная составляющая воздействует на пьезокерамические элементы 5, вызывая их продольное деформирование. В результате к балке прикладывается продольная сжимающая сила, изменяющая жесткость балки и, как следствие, ее резонансную частоту. При этом ее частота изменяется так, что фазовый сдвиг между колебаниями генератора 14 и резонатора 3 устанавливается равным  $90^\circ$ . После срабатывания системы ФАПЧ восстанавливается связь между блоками 11 и 12. Затем, изменяя амплитуду выходного сигнала генератора 14, устанавливаем требуемый уровень вибронагрузки. Ширина захвата системы ФАПЧ выбрана в два раза шире резонансной полосы резонатора 3. Этим обеспечивается работоспособность устройства при разрушении исследуемых элементов 9 и вызванным им изменении фазовой передаточной функции резонатора 3.

Устройство работает следующим образом.

При вхождении в резонанс резонатора 3 фазовый детектор 15 вырабатывает сигнал, пропорциональный фазовому сдвигу между колебаниями задающего генератора 14 и резонатора 3, из которого фильтром нижних частот 16 выделяется постоянная составляющая, усиливаемая УПТ 17, и передается на пьезокерамические элементы 5, которые, деформируясь, изменяют жесткость балки и, как следствие, собственную частоту колеба-

# BY 5770 C1

ний резонатора 3. Причем изменение данной частоты колебаний резонатора 3 такое, что фазовый сдвиг между колебаниями резонатора 3 и задающего генератора 14 становится равным  $90^\circ$ . Данный фазовый сдвиг соответствует рабочей точке фазового детектора 15.

При фазовом сдвиге в  $90^\circ$  между колебаниями резонатора 3 и задающего генератора 14 амплитуда резонансных колебаний резонатора достигает максимального значения. Величина амплитуды ускорения резонатора 3, при котором испытывают исследуемые элементы 9, задается изменением амплитуды выходного сигнала задающего генератора 14. При отклонении амплитуды ускорения резонатора 3 от заданного значения изменяется величина напряжения на выходе датчика ускорения 10, которое меняет уровень сигнала согласующего усилителя 11, подаваемого на управляющий вход регулируемого усилителя 12, который так меняет свой коэффициент усиления, что величина заданной амплитуды ускорения резонатора 3 остается неизменной.

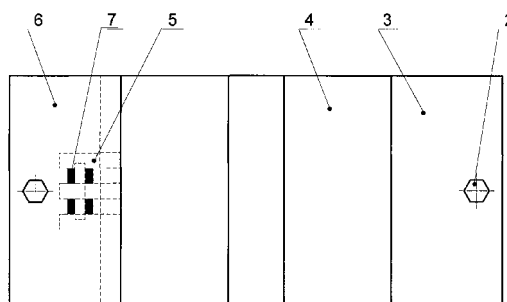
Любое изменение режима колебаний резонатора 3, вызванное разрушением исследуемых элементов 9 или изменением жесткости резонатора, вызывает отклонение фазового сдвига от  $90^\circ$  между колебаниями резонатора и задающего генератора 14. При этом на выходе фазового детектора 15 появляется сигнал, пропорциональный рассогласованию фаз колебаний, который проходит через ФНЧ 16 и УПТ 17, воздействует на пьезокерамические элементы 5 и так изменяет резонансную частоту резонатора 3, что фазовый сдвиг в  $90^\circ$  восстанавливается. Если собственная частота резонатора увеличится (уменьшится), то ФАПЧ увеличит (уменьшит) величину напряжения, приложенного к пьезокерамическим элементам 5 с выхода УПТ 17. При этом жесткость балки изменится так, что собственная частота колебаний резонатора 3 станет равной частоте колебаний задающего генератора 14. Это будет иметь место всякий раз, пока изменение собственной частоты резонатора 3 не превышает полосы удержания ФАПЧ. Для исключения этого нежелательного явления полоса удержания системы ФАПЧ выбирается в два раза шире резонансной полосы резонатора 3. А так как масса исследуемых элементов должна быть менее половины массы резонатора, то при самых неблагоприятных условиях в процессе испытаний на резонаторе 3 изменение собственной частоты резонатора не превысит полосу удержания системы ФАПЧ.

Счетчик циклов 18 подсчитывает число изменений нагрузки на исследуемые элементы при их испытании. В общем случае контроль за состоянием изделий может осуществляться электрическими или бесконтактными методами.

Эффективность предложенного устройства связана с тем, что оно позволяет сократить время испытаний различных типов изделий и повысить достоверность результатов испытаний за счет автоматизации процесса перестройки собственной частоты резонатора.

Источники информации:

1. А.с. СССР 1401316, кл. G 01M 7/00. Б.И. № 21, 1988.
2. А.с. СССР 1456803, кл. G 01M 7/00. Б.И. № 5, 1989 (прототип).



Фиг. 2