DOI: 10.17117/na.2015.09.679

Поступила (Received): 24.09.2015

<http://ucom.ru/doc/na.2015.09.679.pdf>

Бушмелев П.Е., Герасимов О.Н., Буц В.П. **Способ управления амплитудой вибрационных нагрузок** **в компонентах и системах бортовой радиоэлектронной** **аппаратуры на резонансных частотах**

Bushmelev P.E., Gerasimov O.N., Buc V.P.
A method of controlling the amplitude of vibration
loads in the components and systems of the
onboard avionics on resonant frequencies

В статье предложен способ управления амплитудой вибрационных нагрузок в бортовой радиоэлектронной аппаратуре, который отличается тем, что не использует принцип виброгашения, т.е. сведения к минимуму амплитуды внешнего воздействия, а использует принцип смещения его фаз в точках крепления, за счет чего и достигается положительный эффект. Ограничение способа заключается в том, что он эффективен только на резонансных частотах

Ключевые слова: вибрация, внешнее воздействие, резонансные частоты, надежность

This article proposes a method of controlling the amplitude of vibration loads in the onboard electronic equipment, which is characterized in that it does not use the principle of vibration absorption, i.e. minimizing the amplitude of external influence, and uses the principle of displacement of phases at the points of attachment, whereby is achieved a positive effect. The limitation of this method is that it is effective only at resonant frequencies

Key words: vibration, external impact, resonant frequencies, reliability

Бушмелев Петр Евгеньевич

Кандидат технических наук, доцент
Пензенский государственный университет
г. Пенза, ул. Красная, 40

Bushmelev Petr Evgenevich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Penza State University
Penza, Krasnaya, 40

Герасимов Олег Николаевич

Научно-исследовательский институт физических измерений
г. Пенза, ул. Володарского, 8/10

Gerasimov Oleg Nikolaevich

Scientific research Institute of physical measurements
Penza, Volodarskogo str., 8/10

Буц Виктор Петрович

Доктор технических наук, профессор
Пензенский государственный университет
г. Пенза, ул. Красная, 40

Buc Viktor Petrovich

Doctor of Technical Sciences, Professor
Penza State University
Penza, Krasnaya, 40

Статья подготовлена в рамках реализации проекта «Разработка методов и средств создания высоконадежных компонентов и систем бортовой радиоэлектронной аппаратуры ракетно-космической и транспортной техники нового поколения» (Соглашение № 15-19-10037 от 20 мая 2015г.) при финансовой поддержке Российского научного фонда.

В настоящее время разработка методов и средств неразрушающего контроля и диагностики компонентов и систем бортовой радиоэлектронной аппаратуры является важной научно-практической задачей [1-4], решению которой уделяется немало внимания, как во всем мире, так и в России.

Предлагаемый способ управления амплитудой вибрационных нагрузок в компонентах и системах бортовой радиоэлектронной аппаратуры на резонансных частотах отличается тем, что он не использует принцип виброгашения [6, 7], т.е. сведения к минимуму амплитуды внешнего воздействия, а использует принцип смещения его фаз в точках крепления, за счет чего и достигается положительный эффект. Ограничение способа заключается в том, что он эффективен только на резонансных частотах, которые и являются наиболее разрушительными [8, 9] для РЭУ и их элементов.

Структура предложенного способа показана в виде схемы IDEF0 на рисунке 1. Первым пунктом данного способа является измерение действующего значения амплитуды одной из точек крепления РЭУ (контрольная точка). Измерение производится первичным преобразователем (датчиком), данные с которого по линии связи отправляются в функциональный преобразователь для последующей обработки. Помимо этого, фаза в контрольной точке прием за «нуль».

В функциональном преобразователе необходимо сформировать разностный сигнал для каждой точки (кроме сигнала контрольной точки) по аналитической модели. Для чего внесем дополнительное значение, а именно – значение расстояния от ближайшей точки крепления до точки предполагаемой максимальной амплитуды (центр).

Рис. 1. Способ снижения величины вибрационных нагрузок РЭУ

При этом, задаются параметры внешнего воздействия – A_0 , φ_0 . Согласно аналитической модели происходит формирование разностного сигнала для всех точек крепления, кроме контрольной. Задавая требуемое смещение фазы φ , можно контролировать уровень амплитуды в исследуемой точке.

Для подтверждения эффективности предлагаемого способа рассмотрим два примера. Первый пример – процесс вхождения в резонанс технического объекта без использования предлагаемого способа (рис. 2).

Из рисунка видно, что можно выделить три области:

1. Изменение частоты внешнего вибрационного воздействия. При этом изменяется как частота, так и амплитуда объекта.

2. Вхождение в резонанс. В это время частота внешнего вибрационного воздействия совпадает с собственной частотой объекта. При этом происходит резкое увеличение амплитуды колебания объекта за 4 – 5 периодов колебания.

3. Установившийся режим. В этом режиме амплитуда колебания объекта становится максимальной и достигает значения ($A_{уст.1}$). Именно в таком режиме на объект наиболее сильное негативное влияние оказывают внешние вибрационные воздействия.

Рис. 2. Временная характеристика воздействия вибрации на объект без использования способа управления величиной вибрационных нагрузок

Второй пример – процесс вхождения в резонанс технического объекта с использованием предлагаемого способа (рис. 3). Из рисунка видно, что, так же как и в предыдущем случае можно выделить три области:

1. Изменение частоты внешнего вибрационного воздействия. Так же как и в предыдущем примере изменяется и частота, и амплитуда объекта.

2. Вхождение в резонанс. В это время частота внешнего вибрационного воздействия совпадает с собственной частотой объекта. Но на этот раз – при резком увеличении амплитуды колебания объекта предлагаемый способ позволяет уже на 2 – 3 периоде выдать в противодействие сигнал равный по амплитуде, но противоположный по фазе сигналу внешнего вибрационного воздействия, что позволит уменьшить амплитуду воздействия.

3. Установившийся режим. В этом режиме амплитуда колебания объекта стабилизируется на значении ($A_{уст.2}$), что, как видно из рисунка, в несколько раз меньше $A_{уст.1}$.

Рис. 3. Временная характеристика воздействия вибрации на объект при использовании предложенного способа

Отличительной особенностью предлагаемого способа является обратная связь, позволяющая формировать требуемый фазовый сдвиг с учетом изменения частоты внешнего воздействия, выделяемая по одному из каналов, которую обеспечивает блок формирования разностного сигнала.

Список используемых источников:

1. Затылкин, А.В. Устройство для исследования влияния инерционной и деформационной составляющей внешнего вибрационного воздействия / Затылкин А.В., Голушко Н.В., Ольхов Д.В. // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. 2015. № 18. С. 380-383.
2. Вибрационные воздействия как причина отказов изделий авиационной техники обучения / Калашников В.С., Яшин Д.С., Затылкин А.В. / Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2015. Т. 1. С. 314-316.
3. Функциональная модель информационной технологии обеспечения надежности сложных электронных систем с учетом внешних воздействий / Юрков Н.К., Затылкин А.В., Полесский С.Н., Иванов И.А., Лысенко А.В. // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2014. Т. 1. С. 184-187.
4. Таньков, Г.В. Моделирование тепловых процессов в стержневых конструкциях РЭС / Таньков Г.В., Затылкин А.В. // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2007. Т. 1. С. 257-258.
5. Особенности разработки макромоделей надежности сложных электронных систем / Юрков Н.К., Затылкин А.В., Полесский С.Н., Иванов И.А., Лысенко А.В. // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2014. Т. 1. С. 101-102.
6. Герасимов, О.Н. Программная система оценки качества демпфирования проектируемой системы пассивной амортизации бортовых электронных средств / Герасимов О.Н., Затылкин А.В., Юрков Н.К. // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2015. Т. 1. С. 309-312.
7. Лысенко, А.В. Конструкция и методика расчета гибридного виброамортизатора с электромагнитной компенсацией / Лысенко А.В., Затылкин А.В., Ястребова Н.А. // Вестник Пензенского государственного университета. 2013. № 4. С. 73-78.

8. Затылкин, А.В. Индукционный вибромметр для проведения амплитудно-частотного и модального анализа конструкций РЭС / Затылкин А.В., Таньков Г.В., Бобров А.А. // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2013. Т. 2. С. 44-48.
9. Голушко, Д.А. Методика прогнозирования ресурса электрорадиоэлементов печатного узла в условиях внешних вибрационных воздействий / Голушко Д.А., Затылкин А.В., Калашников В.С. // Вопросы радиоэлектроники. 2015. № 6. С. 105-112.
10. Затылкин, А.В. Дискретная модель процесса распространения импульса смещения в упругом стержне постоянного сечения при торцевом ударе / Затылкин А.В., Таньков Г.В., Ольхов Д.В. // Вестник Пензенского государственного университета. 2013. № 4. С. 79-85.

© 2015, Бушмелев П.Е., Герасимов О.Н., Буц В.П.
 Способ управления амплитудой вибрационных
 нагрузок в компонентах и системах бортовой
 радиоэлектронной аппаратуры на резонансных
 частотах

© 2015, Bushmelev P.E., Gerasimov O.N., Buc V.P.
 A method of controlling the amplitude of vibration
 loads in the components and systems of the onboard
 avionics on resonant frequencies