

УДК.62.752.6

Экспериментальная установка для исследования влияния механических вибраций на выходные параметры радиоэлектронных средств на основе гибких модулей

Новоселов С.П., Боцман А.С., Невлюдова В.В.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники,
пр. Ленина, 14, 61166, г. Харьков, Украина

Поступила 30.06.2015

Принята к печати 28.10.2015

Периодические вибрации в виде искаженной синусоиды или другой сложной формы наиболее часто встречаются на реальных подвижных объектах, где могут эксплуатироваться радиоэлектронные средства (РЭС) на основе гибких модулей. Данного рода воздействия непосредственно влияют на надежность всей конструкции в целом. Поэтому целью работы являлось создание экспериментальной установки для исследования механических вибраций и построение зависимостей их влияния на эксплуатируемое устройство, что позволит находить решения проблем, связанных с надежностью и безотказностью РЭС с применением гибких печатных модулей. Для этого была разработана экспериментальная установка и автоматическая адаптивная система регулирования собственной резонансной частоты гибкого модуля. В результате проведения экспериментов выявлены и построены зависимости механических воздействий на выходные параметры РЭС, что позволит в дальнейшем учитывать и применять данный опыт при разработке и производстве устройств на основе гибких печатных плат.

Ключевые слова: радиоэлектронные средства, низкочастотные вибрации, адаптивная система, резонансная частота.

Адрес для переписки:

Боцман А.С.
Харьковский национальный университет радиоэлектроники,
пр. Ленина, 14, 61166, г. Харьков, Украина
e-mail: bas-2012@yandex.ua

Address for correspondence:

Botsman A.S.
Kharkiv National University of Radio Electronics,
Lenin Ave., 14, 61166, Kharkov, Ukraine
e-mail: bas-2012@yandex.ua

Для цитирования:

Новоселов С.П., Боцман А.С., Невлюдова В.В.
Экспериментальная установка для исследования влияния механических вибраций на выходные параметры радиоэлектронных средств на основе гибких модулей
Приборы и методы измерений
2015. – Т. 6, № 2. – С. 156–162

For citation:

Novoselov S.P., Botsman A.S., Nevliudova V.V.
The experimental setup for research of the influence of mechanical vibrations on the output parameters of electronic systems based on flexible modules
Devices and Methods of Measurements
2015, vol. 6, No. 2, pp. 156–162

Введение

Радиоэлектронные средства (РЭС) эксплуатируются в помещениях, на открытом воздухе, на различных подвижных объектах и т.д. При эксплуатации они подвергаются воздействию внешних и внутренних дестабилизирующих факторов (рисунок 1).

Как пример внешнего дестабилизирующего воздействия может выступать механическая вибрация. Вибрации могут быть гармоническими, негармоническими, периодическими и случайными [1]. Вибрации любого рода непосредственно влияют на выходные параметры РЭС на основе гибких модулей, поэтому актуальной проблемой является исследование данных воздействий. Известно большое количество конструкций низкочастотных вибростендов [2] для исследования параметров РЭС на основе традиционных жестких печатных плат, однако описаний аналогичных стендов для испытаний РЭС на гибком основании авторами в литературе найдено не было. Поэтому целью данной работы являлось создание низкочастотного вибростенда, который позволил бы измерять параметры РЭС на гибком основании в зависимости от воздействия механических вибраций.

Гармонические вибрации редко встречаются на подвижных объектах в чистом виде, однако их широко используют при анализе отклика конструкции на механическое воздействие, при проведении испытаний аппаратуры и, кроме того, любой сложный периодический колебательный процесс можно представить в виде суммы более простых – гармонических. Гармонические вибрации характеризуются амплитудой, периодом колебаний или частотой [2–4].

Периодические вибрации в виде искаженной синусоиды или другой сложной формы наиболее часто встречаются на реальных подвижных объектах, где могут эксплуатироваться РЭС на основе гибких модулей.

При воздействии на радиоэлектронную аппаратуру вибраций возможно возникновение нарушений ее функционирования, которые можно классифицировать следующим образом (рисунок 1) [5].

Восстанавливаемые отказы функционирования аппаратуры, к которым относят искажение выходных параметров РЭС, представляют собой временные изменения в работе элементов аппаратуры, с последующим восстановлением функционирования после прекращения воздействия вибра-

ции. К подобным элементам аппаратуры можно отнести катушки индуктивности, выполненные непосредственно на гибких модулях, а также обычные проводники, колеблющиеся в магнитных полях [6–8].

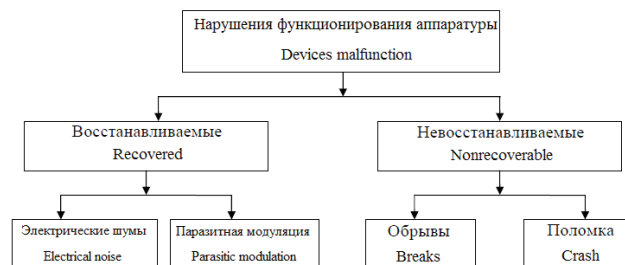


Рисунок 1 – Классификация нарушений функционирования аппаратуры

Figure 1 – Classification of devices malfunctions

Невосстанавливаемые отказы, к которым приводят различного рода обрывы и поломки, окончательно выводят аппаратуру из строя, и ее функционирование не возобновляется после прекращения воздействия вибрации. Примерами такого рода отказов могут быть, например, разрывы дорожек печатного монтажа вибрирующей платы, разрушение паяных, сварных и клеевых соединений, обрывы выводов резисторов, конденсаторов и т.д. [9].

Целью работы являлось создание экспериментальной установки для исследования влияния механических вибраций на гибкие модули в составе РЭС.

Таким образом, для уменьшения воздействия вибраций на РЭС на основе гибких модулей сначала необходимо измерить и проанализировать воздействие вибраций разной амплитуды и частоты на тестовый образец такого модуля. Анализ результатов данных измерений позволит вносить изменения в дальнейшую концепцию защиты РЭС от механических воздействий.

Измерение влияния вибраций на выходные параметры радиоэлектронных средств

Измерение воздействия на радиоэлектронный модуль механических колебаний возможно при создании для данного модуля в лабораторных условиях подобных механических колебаний. Для этого авторами был разработан низкочастотный вибростенд (заявка № U 2015 04766 на патент Украины на полезную модель от 18.05.2015 г.) для исследования влияния механических колебаний на выходные параметры РЭС на основе гибких модулей (рисунок 2).

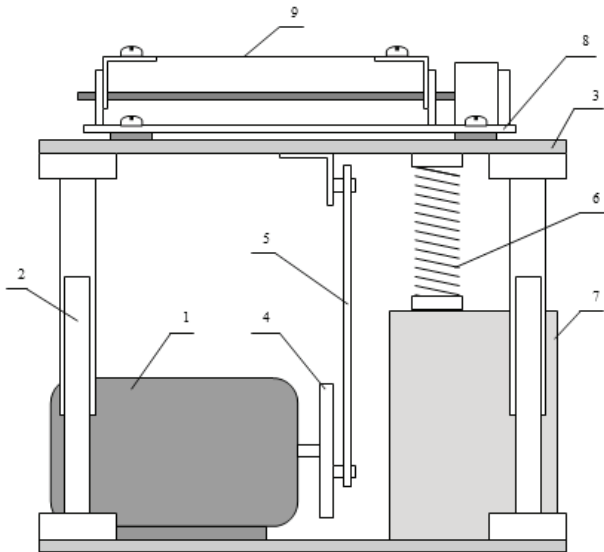


Рисунок 2 – Эскиз станда для исследования влияния механических колебаний на выходные параметры РЭС: 1 – двигатель постоянного тока для приведения в движение эксцентрикового механизма; 2 – телескопические направляющие, для движения предметного столика в вертикальной плоскости; 3 – предметный столик для установки тестируемого образца или адаптивной системы для него; 4 – программный эксцентричный диск с спиралеобразной прорезью для изменения амплитуды механических колебаний; 5 – соединительная планка; 6 – демпферная пружина; 7 – блок широтно-импульсного управления двигателем постоянного тока; 8 – адаптивная система; 9 – тестируемый образец

Figure 2 – Sketch of the stand to investigate the influence of mechanical vibrations on the output parameters of electronic systems: 1 – DC motor for driving the eccentric mechanism; 2 – telescopic rails, for moving the stage only in a vertical plane; 3 – the stage for installation the test sample or the adaptive system; 4 – eccentric disc with spiral cut for changing the amplitude of mechanical vibrations; 5 – connector plate; 6 – damper spring; 7 – block of PWM DC motor control; 8 – adaptive system; 9 – the test sample

Низкочастотный вибростенд работает следующим образом. Напряжение с блока питания заставляет вращаться вал двигателя с диском для изменения амплитуды 4, который с помощью соединительной планки 5 превращает круговое движение в поступательное и заставляет двигаться предметный столик 3 в вертикальной плоскости. Телескопические направляющие 2 обеспечивают исключительно вертикальное движение предметного столика 3.

На представленный вибростенд можно устанавливать как непосредственно тестируемый об-

разец, так и адаптивную систему (рисунок 3). Данное решение расширяет возможности станда, и позволяет не только исследовать влияние низкочастотных вибраций на выходные параметры РЭС на основе гибких модулей, но и изменять натяжение, а, как следствие, и собственную резонансную частоту колебания модуля.

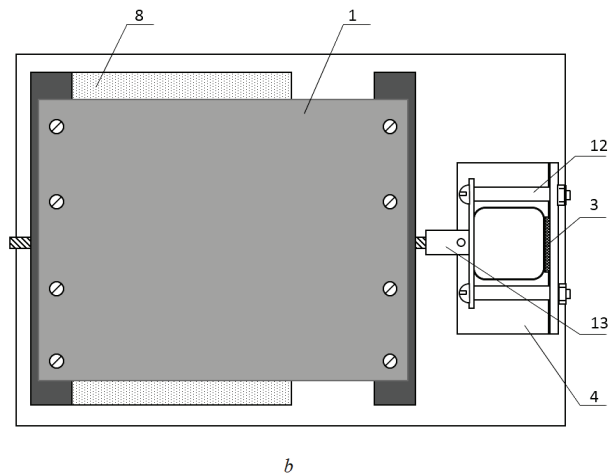
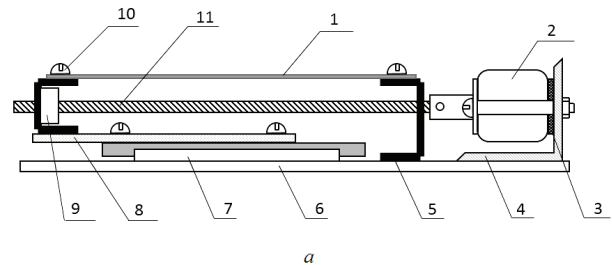


Рисунок 3 – Эскиз адаптивной системы: а – вид спереди; б – вид сверху; 1 – гибкая печатная плата; 2 – шаговый двигатель; 3 – датчик давления; 4 – крепежный уголок; 5 – неподвижный крепежный профиль; 6 – основание макета; 7 – телескопическая направляющая; 8 – подвижное основание; 9 – подвижный крепежный профиль с гайкой; 10 – крепежные винты; 11 – червячная винтовая передача; 12 – стойки крепления шагового двигателя; 13 – муфта

Figure 3 – Sketch the adaptive system: а – front view; б – top view; 1 – flexible PCB; 2 – stepper motor; 3 – pressure sensor; 4 – mounting bracket; 5 – fixed mounting profile; 6 – foundation; 7 – telescopic rail; 8 – movable base; 9 – movable mounting profile with a nut; 10 – fixing screws; 11 – worm screw gear; 12 – rack mounting the stepper motor; 13 – coupling

Как видно из рисунка 3, тестируемая гибкая печатная плата правым краем закреплена на жестком неподвижном основании.

Второй (левый) край платы закреплен на подвижной части механизма натяжения. Крепление платы выполняется при помощи прижимной план-

ки и крепежных винтов. Шаговый электродвигатель создает натяжение платы при помощи винтовой передачи, смещая подвижную пластину.

Датчик давления механически связан с системой регулирования натяжения гибкой печатной платы. Изменение сопротивления, а, следовательно, и изменение силы, с которой натягивается гибкая печатная плата, фиксируется блоком принятия решения. Также на блок принятия решения поступают данные о частоте внешних вибраций, что позволяет ему динамически подстраивать натяжение гибкой печатной платы.

Таким образом, блок принятия решения, проанализировав полученную информацию, производит внутренний расчет резонансной частоты и частоты внешних механических воздействий. Если полученные значения резонансных частот находятся в критической близости друг относительно друга, то блок натяжения гибкой печатной платы, выполненный в виде шагового двигателя, изменяет натяжение и, как следствие, собственную резонансную частоту колебаний тестируемого образца.

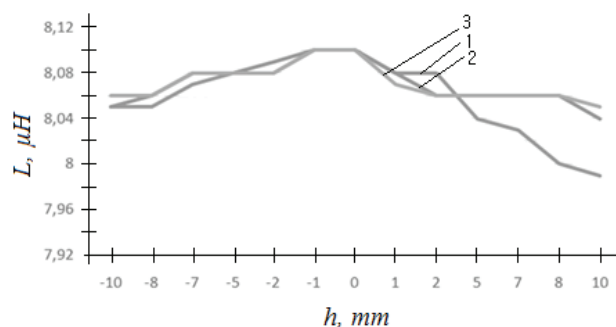
Результаты экспериментальных исследований

Для проведения испытаний установки в качестве тестового образца выбран автоколебательный контур на основе катушки индуктивности, выполненной непосредственно на поверхности гибкой печатной платы. Задача эксперимента состояла в исследовании изменения индуктивности катушки при различных параметрах вибрации.

Для проведения эксперимента исследуемый образец закреплен на рабочей поверхности с двух сторон. Исследование механической деформации происходит путем воздействия механических колебаний разной частоты на печатный модуль. Результатом проведенного эксперимента является зависимость изменения индуктивности от смещения модуля для центральной части печатной платы, ее левого и правого края (рисунок 4а), а также зависимость изменения выходных параметров катушки индуктивности от частоты внешних механических колебаний (рисунок 4б).

В результате проведенных экспериментальных исследований получены данные изменения величины индуктивности катушки в зависимости от изменения частоты колебаний и смещения разных частей модуля. В соответствии с полученными результатами можно провести построение и анализ зависимостей выходных пара-

метров катушки индуктивности при воздействии на гибкий модуль вибрации различного типа.



1 – центральная часть, 2 – левый край, 3 – правый край
1 – central part, 2 – left side, 3 – right side

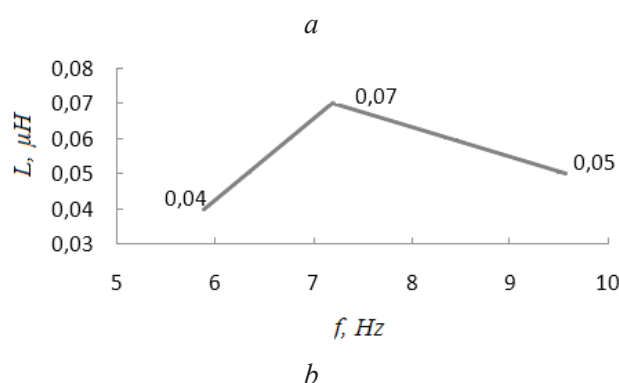


Рисунок 4 – Зависимость индуктивности образца: а – от смещения; б – от частоты вибраций

Figure 4 – The dependence of the inductance sample: а – from bias; б – from frequency of the vibrations

Заключение

Разработан испытательный стенд для исследования влияния амплитуды и частоты вибраций на гибкие модули радиоэлектронных средств, позволяющий проводить лабораторные испытания адаптивной системы изменения натяжения гибких печатных плат, для последующих корректировок технологического процесса их изготовления. Предложенная конструкция отличается от имеющихся возможностью исследования именно гибких модулей радиоэлектронных средств. Устройство может использоваться при испытаниях влияния механических колебаний бортовых радиоэлектронных средств в различных областях их применения.

В результате проведенных экспериментальных исследований получены данные, в соответствии с которыми можно провести анализ зависимостей выходных параметров катушки индуктивности при воздействии на гибкий модуль вибраций различного типа.

Список использованных источников

1. Кутровский П.В. Методика виброзащиты радио-технических устройств частотной отстройкой / П.В. Кутровский, Е.Н. Талицкий, С.В. Шумарин // Известия института технической физики. Серпухов, 2008. – №4. – С. 52–55.
2. Млицкий, В.Д. Испытание аппаратуры и средства измерений на воздействие внешних факторов / В.Д. Млицкий, В.Х. Беглария, Л.Г. Дубицкий. – М. : Машиностроение, 2003. – 567 с.
3. Испытания радиоэлектронной, электронно-вычислительной аппаратуры и испытательное оборудование / под ред. А.И.Коробова. – М. : Радио и связь, 2002. – 272 с.
4. Глудкин, О.П. Методы и устройства испытания РЭС и ЭВС / О.П. Глудкин. – М. : Высш. школа, 2001. – 335 с.
5. Steinberg, D.S. Vibrations analysis for electronic equipment / D.S. Steinberg. – New York, 1973. – 456 p.
6. Royzman, V.P. Investigation of dynamic of gas turbine Engine by identification of rotor supports / V.P. Royzman. – Milano, 1995.
7. Федоров, В. Контроль и испытания в проектировании и производстве радиоэлектронных средств / В. Федоров, Н. Сергеев, А. Кондрашин. – Техносфера, 2005. – 504 с.
8. Жарикова, И.В. Системологический подход при исследовании параметров РЭС / И.В. Жарикова, В.В. Невлюдова // Технология приборостроения. – 2014. – № 2. – С. 40–43.
9. Технологии в производстве электроники. Часть III. Гибкие печатные платы / под общ. ред. А.М. Медведева и Г.В. Мылова. – М. : Группа ИДТ,

The experimental setup for research of the influence of mechanical vibrations on the output parameters of electronic systems based on flexible modules

Novoselov S.P., Botsman A.S., Nevliudova V.V.

Kharkiv National University of Radio Electronics,
Lenin Ave., 14, 61166, Kharkov, Ukraine

Received 30.06.2015

Accepted for publication 28.10.2015

Abstract. Periodic vibration in the form of distorted sine wave or other complex shapes are most common in the real moving objects, where the device can be exploited on the basis of flexible modules. This kind of exposure directly affects the reliability of the construction in general. The objective of the work was the creation of an experimental device for the study of mechanical vibrations and the dependencies of their impact on the operated device. Research of mechanical vibrations and the dependencies of their influence on the device will allow finding solutions to the problems of reliability of radio electronic devices. It developed an experimental device and automatic adaptive system for control own resonant frequency of the flexible module. As a result of the experiments has been identified according to mechanical influences on the output parameters of the devices. This will take into account and to apply this experience in the design and manufacture of devices with the use of flexible printed circuit boards.

Keywords: electronic systems, low frequency vibration, adaptive system, resonance frequency.

Адрес для переписки:

Боцман А.С.
Харьковский национальный университет радиоэлектроники,
пр. Ленина, 14, 61166, г. Харьков, Украина
e-mail: bas-2012@yandex.ua

Address for correspondence:

Botsman A.S.
Kharkiv National University of Radio Electronics,
Lenin Ave., 14, 61166, Kharkov, Ukraine
e-mail: bas-2012@yandex.ua

Для цитирования:

Новоселов С.П., Боцман А.С., Невлюдова В.В.
Экспериментальная установка для исследования влияния механических вибраций на выходные параметры радиоэлектронных средств на основе гибких модулей
Приборы и методы измерений
2015. – Т. 6, № 2. – С. 156–162

For citation:

Novoselov S.P., Botsman A.S., Nevliudova V.V.
The experimental setup for research of the influence of mechanical vibrations on the output parameters of electronic systems based on flexible modules
Devices and Methods of Measurements
2015, vol. 6, No. 2, pp. 156–162

References

1. Kutrovskiy P.V., Talitskiy E.N., Shumarin S.V. Methods of vibration protection devices radio frequency detuning. *Izvestiya instituta tekhnicheskoy fiziki*, 2008, no. 4, pp. 52–55 (in Russian).
2. Mlistkiy V.D., Beglariya V.H., Dubistkiy L.G. *Ispytaniye apparatury i sredstva izmerenij na vozdeystviye vneshnikh faktorov* [Testing devices and measuring instruments to the impact of external factors]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 2003, 567 p. (in Russian)
3. Korobkov A.I. *Ispytaniya radioelektronnoj, elektronno-vychislitel'noj apparatury i ispytatelnoye oborudovaniye* [Testing of electronic, computing devices and testing equipment]. Moscow, Radio i svyaz' Publ., 2002, 272 p. (in Russian)
4. Gludkin O.P. *Metody i ustrojstva ispytaniya RES i EVS* [Methods and devices testing of radioelectronic systems and electronic computing systems]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 2001, 335 p. (in Russian)
5. Steinberg D.S. *Vibrations analysis for electronic equipment*. New York, 1973, 456 p.
6. Royzman V.P. *Investigation of dynamic of gas turbine Engine by identification of rotor supports*, Milano, 1995.
7. Fedorov V.A., Sergeev N.P., Kondrashin A.V. *Kontrol' i ispytaniya v proyektirovanii i proizvodstve radioelektronnykh sredstv* [Inspection and testing in the design and manufacture of of radio electronic equipment]. Moscow, Tehnosfera Publ., 2005, 504 p. (in Russian)
8. Zharikova I.V., Nevliudova V.V. Systemological approach in the study of the parameters of electronic systems. *Tekhnologiya priborostroyeniya*, 2014, no. 2, pp. 40–43 (in Russian).
9. Medvedev A.M., Mylov G.V. *Tekhnologii v proizvodstve elektroniki. Chast III. Gibkiye pechatnye platy* [Technology in the production of electronics. Part III. Flexible printed circuit boards]. Moscow, Grupa IDT Publ., 2008, 488 p. (in Russian)