

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЗИНО-МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВИБРОИЗОЛЯТОРОВ ДЛЯ СИНТЕЗАТОРОВ ЧАСТОТ

Кийко В.Н., Ахапкина А. М., Колбун В. С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

E-mail: {kiyko}@bsuir.by

В данной статье рассматривается виброзащита кварцевых генераторов в конструкциях синтезаторов частот с применением резино-металлических виброизоляторов. Проведён гармонический анализ при воздействии внешних вибраций. В результате моделирования определены резонансные частоты для учёта в проектировании конструкций синтезаторов частот при защите от случайной вибрации и ударных нагрузок.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из ключевых компонентов современных радиоэлектронных систем являются высокостабильные виброустойчивые синтезаторы частот [1]. Эти системы размещаются на подвижных объектах: самолетах, вертолетах, кораблях, беспилотных летальных аппаратах, автомобильной и гусеничной технике, ракетах, спутниках – и при работе подвергаются воздействию механической вибрацией, которая влияет на частоту и фазу генерируемого сигнала [2]. Приоритетной задачей является защита от вибрации кварцевых генераторов, как оказывающих наибольшее влияние на фазовые характеристики синтезаторов частот [3].

I. МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ВИБРОИЗОЛЯТОРА

При создании параметрической модели виброизолятора использовалась среда для трёхмерного автоматизированного проектирования деталей и сборок. Такая модель состоит из трёхмерной геометрии твердотельных элементов. Сначала рисуется эскиз, создается основание, а затем в модель добавляются многочисленные элементы. На рисунке 1 представлена модель такого виброизолятора.

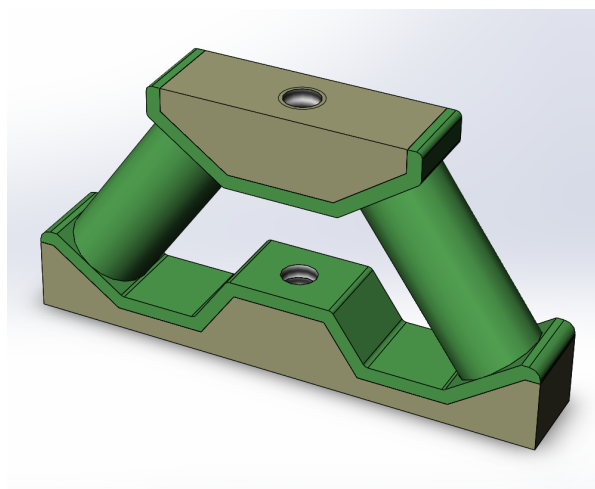


Рис. 1 – Модель резино-металлического виброизолятора

Численно виброизолятор характеризуется масс-габаритными характеристиками, коэффициентом жёсткости, зависимостью резонансной частоты от поддрессоренной массы.

Их особенностью являются способность выдерживать довольно большое удлинение, что эффективно для демпфирования не только для вибрации, но и ударов. Для их изготовления используется высококачественный каучук или силикон с высоким затуханием.

Моделирование вибрационных характеристик резино-металлического виброизолятора проводили с помощью численного метода конечных элементов [4], в основу которого заложены два типа исследований: статический и модальный. При статическом типе выполняются анализ жесткостей моделей виброизоляторов в различных направлениях, зависящих от упругих или вязкоупругих свойств материалов, а также сопоставление полученных результатов расчета со значениями, определенными производителем в соответствующих каталогах. Модальный тип исследований предназначен для определения собственных форм и частот колебаний, которые, в свою очередь, являются резонансными для виброизолятора.

Начальные и граничные условия:

- основание модели жестко закреплено;
- на подвижную часть модели приложена сосредоточенная сила равная 10 Н.

На рисунке 2 представлена расчётная модель резино-металлического виброизолятора. Результаты статического анализа представлены на рисунке 3 в виде картины распределения перемещений.

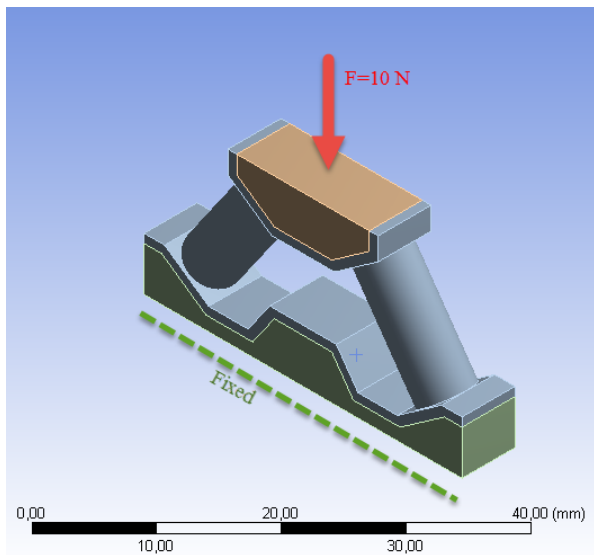


Рис. 2 – Расчётная модель резино-металлического виброизолятора

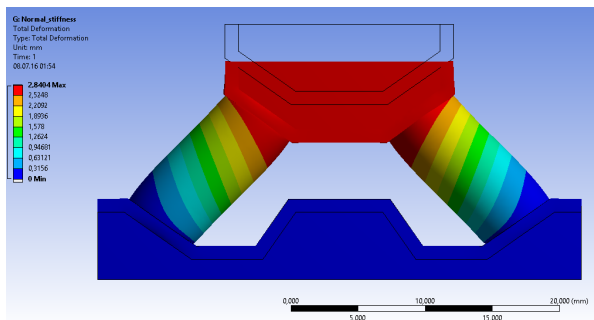


Рис. 3 – Распределение виброперемещений резино-металлического виброизолятора

Максимальное перемещение составляет 2,84 мм, что соответствует осевой жёсткости 3,52 Н/мм.

Граничными условиями для модального анализа является только жёсткое закрепление основания модели. На рисунке 4 приведены первые шесть форм собственных частот и их значения.

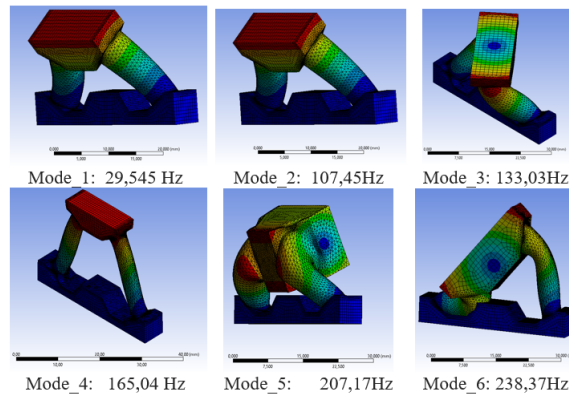


Рис. 4 – Формы собственных частот резино-металлического виброизолятора

Модальный анализ позволяет оценить возможность появления резонансных режимов, которые могут возникнуть при попадании собственных частот в рабочий диапазон действующих внешних вибраций. На основании этих данных можно предусмотреть дополнительную защиту на этих частотах и оптимизировать конструкцию для повышения виброустойчивости синтезатора частот.

II. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В качестве дальнейшего развития приведённого метода исследования необходимо моделирование большего количества средств уменьшения вибрации и материалов для оптимизации конструкции (коэффициенты демпфирования и вязкоупругие характеристики материалов требуется уточнять экспериментальным способом). Предварительный расчёт резино-металлического виброизолятора и моделирование его использования в составе синтезатора частот позволяют определить оптимальные характеристики его конструкции, исходя из спектра воздействующей вибрации и параметров кварцевого генератора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Муравьев В.В. Синтезатор СВЧ с прямым цифровым синтезом // Приборы и методы измерений. 2014. №1 (8). С. 52-56.
2. Карпушин В. Б. Вибрации и удары в радиоаппаратуре. М.: Сов. радио, 1971. – 344 с.
3. Apte A., Rohde U. L., Poddar A., Rudolph M. Optimizing Phase-Noise Performance: Theory and Design Techniques for a Crystal Oscillator // IEEE Microwave Magazine. 2017. V. 18. N. 4. P. 108-123.
4. Pawel Kurowski, "Chapter 11: Vibration Analysis," in Finite Element Analysis for Design Engineers, SAE, 2017, pp. 181-196.