

ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИЙ НА ФАЗОВЫЕ ШУМЫ КВАРЦЕВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

В.Н. КИЙКО, Н.М. НАУМОВИЧ, М.В. ДАВЫДОВ, В.И. ЖУРАВЛЕВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 18 февраля 2022

Аннотация. Разработана схема стенда для измерения фазовых шумов кварцевых генераторов. Приведены результаты измерений фазовых шумов при отсутствии и наличии вибраций кварцевых генераторов Морион и Wenzel.

Ключевые слова: фазовые шумы, вибрации.

Введение

Высокостабильные кварцевые генераторы (КГ) являются радиоэлектронными устройствами, вырабатывающими сигнал постоянной частоты с высокой температурной и временной устойчивостью, низким уровнем фазовых шумов. Однако при эксплуатации на подвижных объектах КГ подвергается воздействию механической вибрацией, которая влияет на частоту и фазу генерируемого сигнала.

Стабильность частоты и фазовые шумы КГ являются наиболее важной характеристикой.

Анализ дестабилизирующих вибрационных воздействий различных объектов

Современные радиоэлектронные комплексы оснащены радиоэлектронной аппаратурой и системами, которые выполняют функции управления, контроля, обнаружения, наведения, координации, связи и другие функции [1]. Эти системы размещаются на подвижных объектах – самолетах, вертолетах, кораблях, беспилотных летальных аппаратах, автомобильной и гусеничной технике, ракетах, спутниках – и при работе подвергаются воздействию целого комплекса дестабилизирующих факторов. Ориентировочные значения параметров вибрации, полученных при статистическом обобщении опытных данных для некоторых видов механических воздействий, приведены в табл. 1.

Табл. 1. Характеристики вибраций, действующих на аппаратуру, установленную на подвижных объектах

Источник вибрации	Характеристики вибрации
Транспортные средства колесного типа	Частоты возбуждающих колебаний подвески машины 2÷10 Гц, кузова 8–15 Гц, ускорение 1 g, частоты возбуждения двигателя 20–60 Гц
Транспортные средства гусеничного типа	Ударновозбуждаемые вибрации в диапазоне частот 400–700 Гц, амплитуда колебаний на низких частотах ±0,25 мм
Корабль	Частоты возбуждающих колебаний и ускорения: кормовая часть 2–35 Гц, 0,05–0,5 g
Самолет	Частоты возбуждения 3–500 Гц, амплитуда колебаний ±3,8 мм на низких частотах Акустические вибрации с частотой до 130 КГц на уровне 150 дБ выше звукового порогового уровня
Управляемые снаряды	Частоты возбуждающих колебаний 30–5000 Гц, ускорения 5–30 g. На участке резонанса возможны ускорения до 40 g. Акустические вибрации с частотой до 10 КГц на уровне 130 дБ выше звукового порогового уровня

Воздействие вибрации на кварцевые генераторы

Для исследования характеристик КГ необходимо воздействие на него какого-либо внешнего фактора. Для данной цели выбран аддитивный белый гауссовский шум - это вид мешающего воздействия в канале передачи информации. Диапазон вибраций, которыми будет производиться воздействие на КГ, выберем от 10 Гц до 2 кГц. Аддитивный белый гауссовский шум в данном диапазоне будет иметь характеристики, наиболее приближенные к тем воздействиям, которые будут иметь место в реальных условиях. В качестве возмущающего воздействия при анализе случайных вибраций на КГ задана зависимость широкополосной случайной вибрации (ШСВ) от частот колебаний в виде, отображенном на рис. 1.

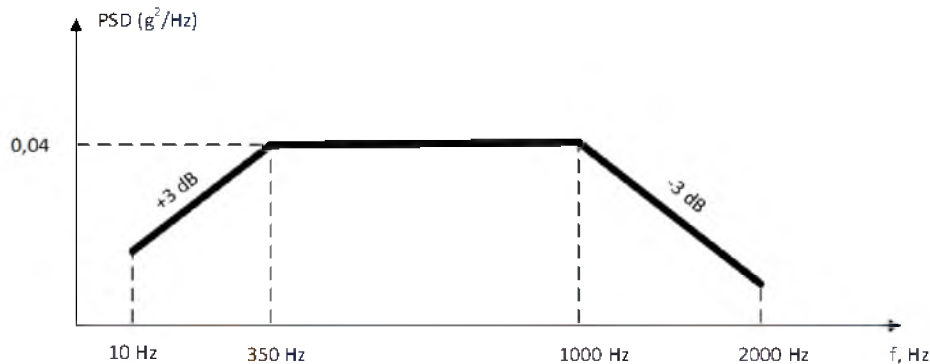


Рис. 1. График зависимости ШСВ от частот колебаний возмущающего воздействия

В диапазоне частот вибраций 300–1000 Гц, спектральная плотность вибраций постоянна и равна 0,04 g²/Гц. На частотах менее 300 Гц и более 1000 Гц спектральная плотность вибраций уменьшается по закону 3 дБ/октаву.

Схема установки, с помощью которой измеряются фазовые шумы КГ (без воздействия и при наличии вибраций), приведена на рис. 2.

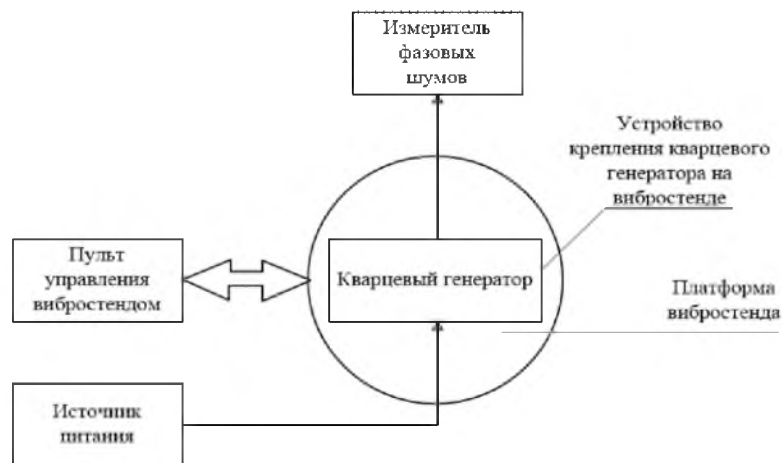


Рис. 2. Схема установки для измерения фазовых шумов

Для измерения уровня фазовых шумов используется анализатор FSWP26 фирмы Rohde&Schwarz. В качестве источника имитации воздействия внешних механических факторов применяется электродинамический стенд TV 5220/LS-120.

Воздействие ШСВ на кварцевые генераторы фирм Морион и Wenzel осуществлялось по оси z. Оба тестируемых КГ термостатированы и работают на частоте 100 МГц.

На рис. 3 приведены результаты экспериментальных исследований генератора ГК-213 фирмы Морион. Прямая наклонная линия показывает допустимый уровень фазовых шумов КГ. Нижняя кривая показывает уровень фазового шума при отсутствии вибраций. Верхняя экспериментальная зависимость приведена при наличии вибраций 0,04 g²/Гц. Видно, что при наличии вибраций уровень фазовых шумов увеличивается от 30 до 50 дБ.

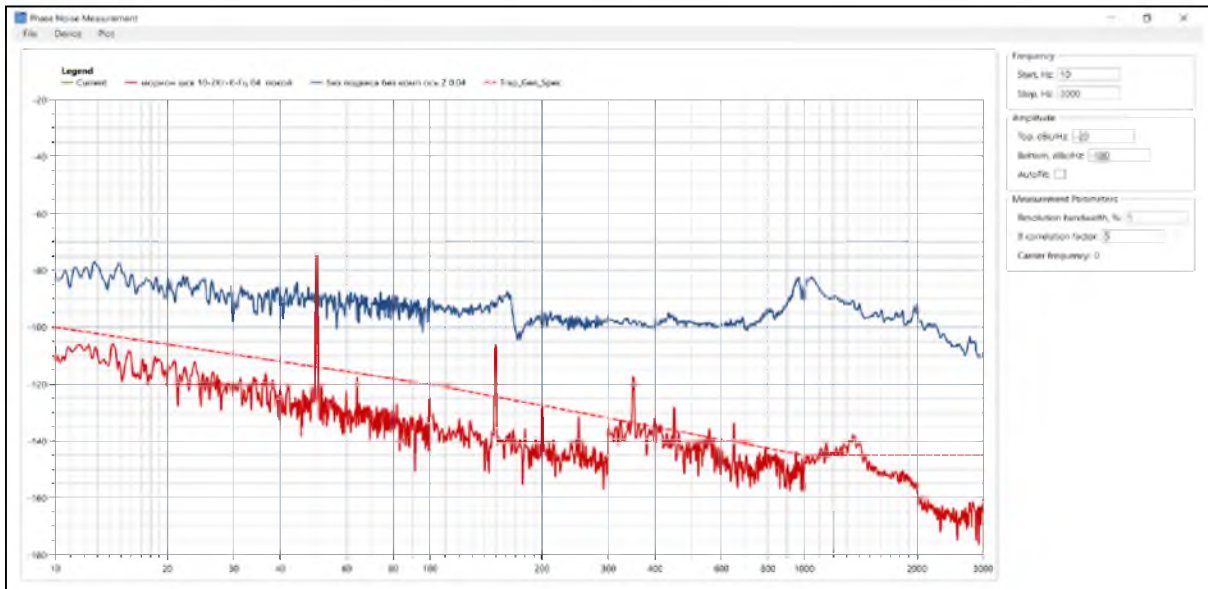


Рис. 3. Зависимость фазовых шумов генератора ГК-213 Морион от частоты вибраций

На рис. 4 приведена зависимость фазовых шумов генератора Wenzel 100 MHz-SC Citrine от частоты вибраций.

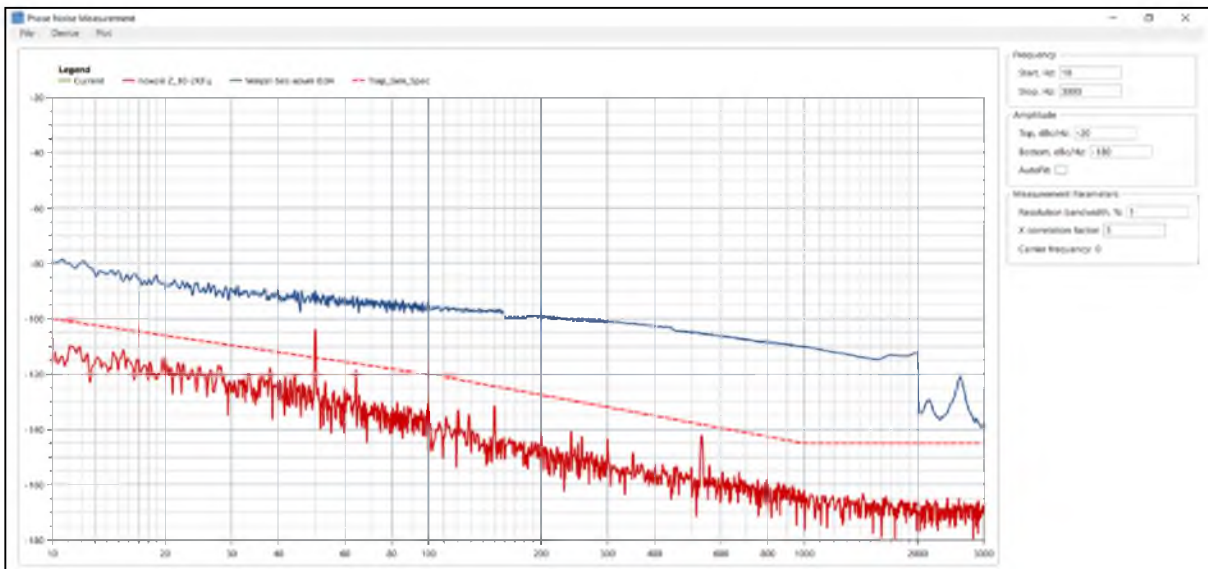


Рис. 4. Зависимость фазовых шумов генератора Wenzel 100 MHz-SC Citrine от частоты вибраций

Видно, что генератор Wenzel имеет значительно меньшее количество резонансных частот корпуса генератора. При этом уровень повышения фазовых шумов, также, как и генераторе ГК-213, составляет 30–50 дБ.

Заключение

Параметры современных радиоэлектронных систем в значительной мере определяются спектральной плотностью мощности фазовых шумов формируемых сигналов. Как видно из данных, полученных в результате эксперимента, вибрация существенно повышает уровень фазовых шумов КГ. Это ухудшает функции всей электронной системы, которая зависит от низкого фазового шума генератора. Для обеспечения необходимой защиты электронных устройств от интенсивных вибраций предлагается использование пассивных способов виброзащиты, к которым относятся виброизоляция (демпфирование), так и электронные методы компенсации фазового шума.

INFLUENCE OF VIBRATIONS ON PHASE NOISES OF QUARTZ GENERATORS

V.N. KIYKO, N.M. NAUMOVITCH, M.V. DAVYDOV, V.I. ZHURAVLEV

Abstract. A scheme of a stand for measuring the phase noise of quartz oscillators has been developed. The results of phase noise measurements in the absence and presence of vibrations of Morion and Wenzel quartz oscillators are presented.

Keywords: phase noise, vibration.

Список литературы

1. Карпушин В.Б. Вибрации и удары в радиоаппаратуре. М., 1971.