

УДК 621.373

УМЕНЬШЕНИЕ ВИБРАЦИОННОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ КВАРЦЕВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

В.В. МУРАВЬЕВ, С.А. КОРЕНЕВСКИЙ, Н.М. НАУМОВИЧ, В.Н. КИЙКО

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь**Поступила в редакцию 8 ноября 2020*

Аннотация. Показано, что применение виброгасителей позволяет обеспечить эффективное уменьшение фазовых шумов кварцевых генераторов на частотах более 300 Гц. Для уменьшения фазовых шумов на частотах менее 300 Гц проведена разработка и экспериментальные исследования электронной схемы компенсации, которая позволяет уменьшить мощность фазовых шумов генератора на 20–25 дБ.

Ключевые слова: фазовые шумы генератора, виброгасители, электронные схемы компенсации.

Введение

До настоящего времени наиболее распространенным видом опорных генераторов для малогабаритных синтезаторов частот являются кварцевые генераторы. Стабильность частоты кварцевых генераторов зависит от многих параметров, в частности, от воздействия ускорения или вибрации, что особенно критично для некоторых вариантов применения кварцевых генераторов, например, при их работе на подвижной технике. Данный параметр принято называть G-чувствительностью генератора. Он определяется как относительное изменение выходной частоты генератора при воздействии ускорения $1g$. Наибольший сдвиг частоты генератора наблюдается в случае, если приложенное ускорение направлено параллельно вектору G-чувствительности. Величину и ориентацию вектора G-чувствительности (G) определяют путем измерения отдельных взаимно ортогональных компонент по x , y , z [1].

Описание эксперимента

Проведенные экспериментальные исследования показали, что основным источником фазовых шумов синтезаторов при воздействии вибраций является кварцевый генератор.

На рис. 1 приведены результаты экспериментальных исследований шумовых характеристик кварцевого генератора при отсутствии (нижняя кривая) и наличии (верхняя кривая) вибраций с спектральной плотностью мощности $0,04 g^2/Гц$. Видно, что наличие вибраций приводит к увеличению спектральной плотности фазовых шумов кварцевого генератора в области нижних частот до 50 дБ. Для уменьшения спектральной плотности фазовых шумов разработана электронная схема компенсации. На кварцевый генератор устанавливается акселерометр, измеряющий временную зависимость изменения вибраций на кварцевом резонаторе. Сигнал акселерометра усиливается и поступает на вход коррекции частоты кварцевого генератора. Фаза выходного сигнала акселерометра выбирается таким образом, чтобы девиация частоты, обусловленная сигналом акселерометра, была равна по величине и противоположна по знаку девиации частоты, обусловленной воздействием вибрации на кварцевую пластину.



Рис. 1. Спектральная плотность мощности вибраций, воздействующих на кварцевый генератор

На рис. 2 приведены результаты экспериментальных исследований фазовых шумов кварцевого генератора. Нижняя кривая – шумы синтезатора на частоте 100 МГц при отсутствии вибраций; средняя кривая – фазовые шумы кварцевого генератора при наличии электронной схемы компенсации фазовых шумов; верхняя кривая – фазовые шумы кварцевого генератора при спектральной плотности вибраций 0,04 г²/Гц; средняя кривая – фазовые шумы кварцевого генератора при наличии электронной схемы компенсации.

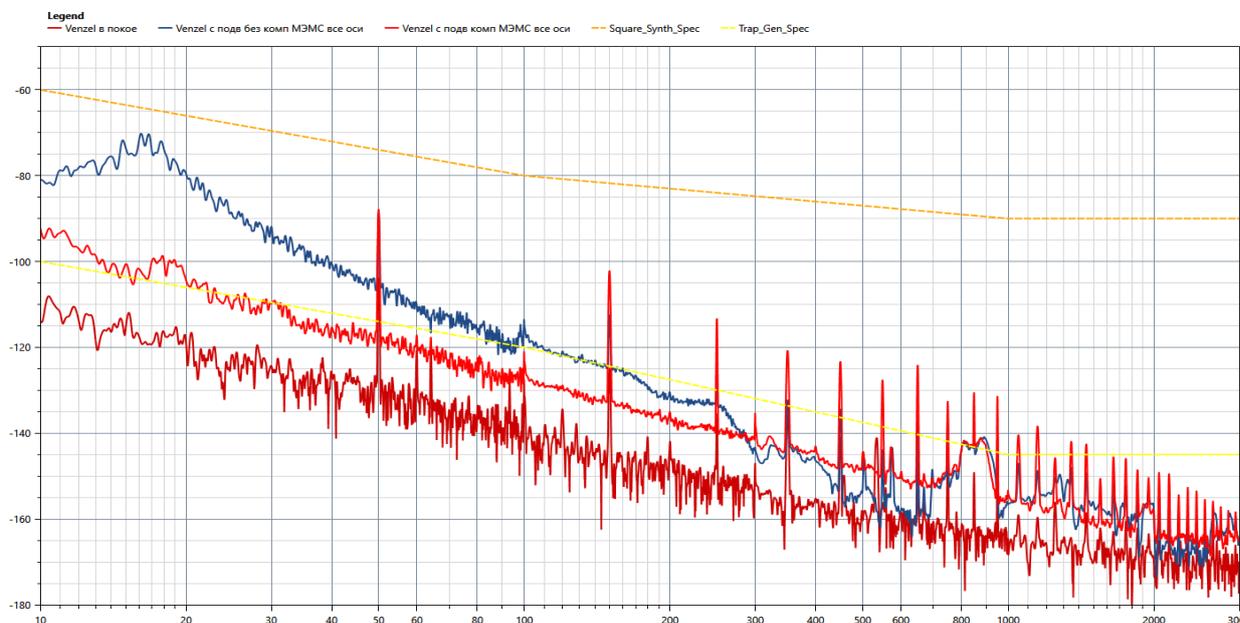


Рис. 2. Фазовые шумы кварцевого генератора при использовании в схеме электронной компенсации МЭМС датчика и мощности вибраций 0,04 г²/Гц

Из рис. 2 видно:

- схема электронной компенсации позволяет обеспечить эффективную компенсацию фазовых шумов генератора в диапазоне частот 20–300 Гц (до 25 дБ);
 - уменьшение эффективности схема электронной компенсации на частотах менее 20 Гц, обусловлена неравномерностью АЧХ акселерометра;
 - уменьшение эффективности схема электронной компенсации на частотах более 300 Гц, обусловлена временем задержки сигнала в акселерометре, выполненном по МЭМС технологии.
- Эффективное уменьшение фазовых шумов генератора на частотах более 300 Гц, может быть обеспечено:
- применением серийных виброгасителей;
 - увеличением массы кварцевого генератора;
 - применением акселерометров с малым временем задержки.

Полученные результаты показывают, что применение электронных схем компенсации позволит обеспечить значительное уменьшение мощности фазовых шумов кварцевого генератора, и использовать серийные, малогабаритные виброгасители.

Заключение

Для обеспечения малой вибрационной чувствительности кварцевых генераторов необходимо одновременное использование виброгасителей и электронной схемы компенсации. Это позволяет уменьшить спектральную плотность мощности фазовых шумов кварцевых генераторов на 20–25 дБ.

REDUCING THE VIBRATION SENSITIVITY OF QUARTZ GENERATORS

V.V. MURAVIEV, S.A. KARANEUSKI, N.M. NAUMOVICH, V.N. KIYKO

Abstract. It was shown that the use of vibration dampers makes it possible to effectively reduce the phase noise of quartz oscillators at frequencies above 300 Hz. To reduce phase noise at frequencies less than 300 Hz, the development and experimental research of an electronic compensation circuit has been carried out, which makes it possible to reduce the power of the phase noise of the generator by 20–25 dB.

Keywords: generator phase noise, vibration dampers, electronic compensation circuits.

Список литературы

1. Alabaster C. // SciTech Publishing, Edison, NJ. 2012. P. 139–145.