

УДК 631.3.084.6

DOI 10.53403/9785951505170_2021_26_2_306

Контроль вибропараметров в бортовой телеметрии

А. С. Анашкин, А. И. Гутников,
С. М. Крыжко

Приведены особенности измерения вибрации в бортовой телеметрии, ее предварительной обработки и оценке по диагностируемым параметрам (среднеквадратическим и амплитудным значениям и частоте) на борту объекта наблюдения с использованием разработанного технического решения.

Вибрационные измерения являются основой для изучения энергетических и прочностных характеристик узлов объекта наблюдения, оптимизации их эффективности и надежности. Вибрационные измерения важны, и им всегда отводится внушительная часть в общем объеме телеметрической информации. Совершенствование приборов контроля вибропараметров является одной из актуальных и приоритетных задач развития бортовой радиометрии.

Разработка бортового многоканального прибора в малогабаритном исполнении с учетом ограниченной пропускной способности радиоканала, внешних воздействующих факторов и ограниченной номенклатуры элементной базы является нетривиальной задачей.

Ограниченная пропускная способность радиоканала бортовой телеметрии, не позволяющая осуществить прямую передачу вибрационной информации, привела к появлению алгоритма предварительной обработки вибрации на борту объекта наблюдения. Сутью алгоритма является сжатие информации о быстропротекающем случайном процессе вибрации на борту за счет преобразования его в медленноменяющиеся вибропараметры – среднеквадратическое значение (СКЗ), максимальное амплитудное значение (АЗ) и эффективную частоту вибрации. Данные вибропараметры часто называют диагностируемыми параметрами вибрации.

Типовой (известный) тракт измерения вибропараметров с определением СКЗ и АЗ показан на рис. 1.

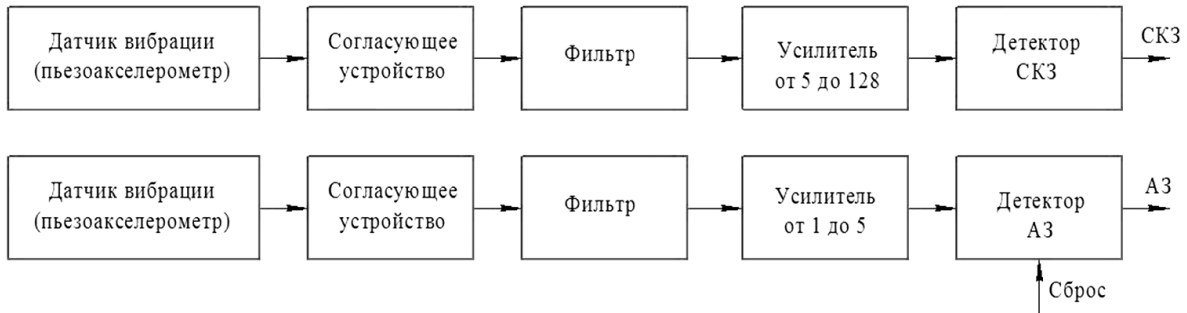


Рис. 1. Типовой тракт измерения вибропараметров

Наибольшую сложность в реализации измерительного тракта вибрации представляет детектор СКЗ, отсутствующий в отечественной номенклатуре элементной базы в виде готового функционального преобразователя, а реализация цифрового детектора СКЗ или аналогового детектора СКЗ с экспоненциально-логарифмической обратной связью на дискретных элементах схемотехнически сложна.

В основе телеметрического прибора для контроля вибрации нового поколения лежит запатентованное техническое решение «Измеритель вибрации» [1], представляющее собой схемотехнически простой и компактный каскад детектора СКЗ косвенного вычисления (с точностью порядка 2%), реализованного всего на двух операционных усилителях и совмещающего в себе функции согласования, фильтрации, усиления и выпрямления. Структурная схема разработанного измерительного тракта приведена на рис. 2. В измерительном тракте оцениваются вибрация и виброударные процессы от датчика, при этом в тракте реализованы общие функции согласования, фильтрации и отдельные усиления (для СКЗ детектора коэффициент передачи равен 16, для детектора АЗ – 1,5).

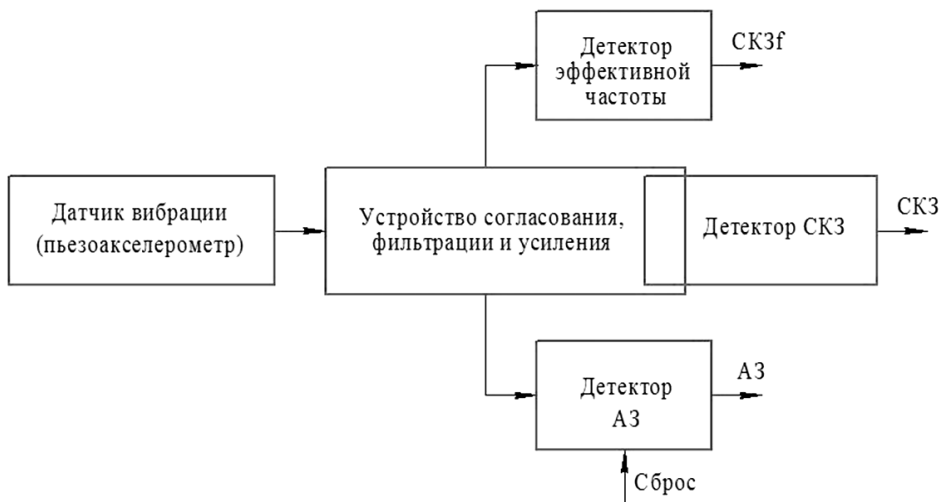


Рис. 2. Измерительный тракт прибора контроля вибрации

Параллельно с определением СКЗ и АЗ сигнала в детекторе эффективной частоты определяется эффективная частота спектра вибрации. Данный детектор построен также на основе измерителя вибрации [1], но с пассивной интегрирующей RC-цепью на входе. Из теории обработки случайных процессов [2] известно, что основную частоту спектра случайного процесса (среднюю квадратическую частоту спектральной плотности) возможно оценить с помощью отношения СКЗ сигнала, прошедшего через интегратор/дифференциатор, к непосредственно СКЗ сигналу (рис. 3).

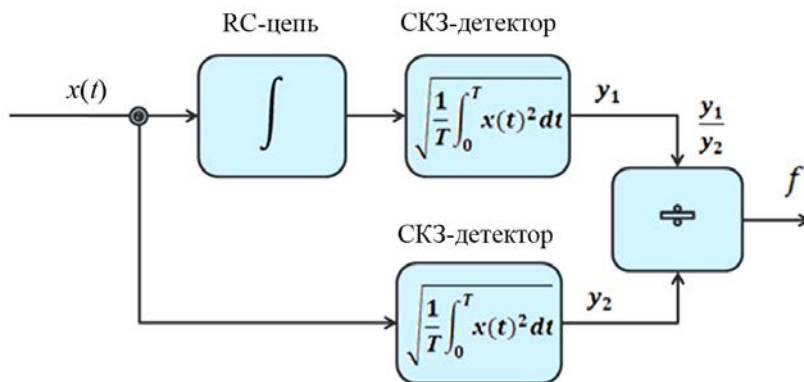


Рис. 3. Структурная схема оценки частоты

Эффективная частота вибрации, выраженная через преобразуемые напряжения и элементы схемы, определяется выражением:
$$f = \frac{\sqrt{\left(\frac{U_{\text{ВЫХ_СКЗ } f}}{U_{\text{ВЫХ_СКЗ}}} - 1\right)\left(\frac{U_{\text{ВЫХ_СКЗ } f}}{U_{\text{ВЫХ_СКЗ}}} + 1\right)}}{2\pi RC \frac{U_{\text{ВЫХ_СКЗ } f}}{U_{\text{ВЫХ_СКЗ}}}}$$

Благодаря частичному совмещению каналов обработки вибрации и виброударов, применения схмотехнически простого детектора СКЗ позволили решить задачу по созданию многоканального малогабаритного прибора контроля вибрации с необходимым функционалом, обладающего при этом повышенной технологичностью и надежностью.

Список литературы

1. Пат. 2536097РФ МПК12: G01R19/02, G01R19/22. Измеритель вибрации / А. И. Гутников, Н. Н. Дубровских // БИ. 2014. № 35.
2. Куликов Е. И. Методы измерения случайных процессов. М.: Радио и связь, 1986.
3. Шейнголд Д. Справочник по нелинейным схемам. Проектирование устройств на базе аналоговых функциональных модулей и интегральных схем. Пер. с англ. под ред. В. В. Малинина. М.: Мир, 1977.
4. Волгин Л. И. Измерительные преобразователи переменного напряжения в постоянное. М.: Сов. радио, 1977.

Control of Vibration Parameters in on-Board Telemetry

A. S. Anashkin, A. I. Gutnikov, S. M. Kryzhko

The features of vibration measurement in on-board telemetry, its pre-processing and evaluation according to the diagnosed parameters (RMS and amplitude values and frequency) on board the observation object using the developed technical solution are given.