

* *
*

УДК 681.5.53.08

DOI: 10.17223/00213411/64/10/66

**МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ СЛУЧАЙНОГО ШУМОВОГО ОТКАЗА
MEMS-ГИРОСКОПОВ НА ОРБИТЕ**Xia Mu¹, Sihai Li¹, Zhao Wang², Zhuoran Yao^{2,3}¹ *School of Automation, Northwestern Polytechnical University, Xi'an, China*² *Beijing Commsat Technology Development Co., Ltd, Beijing, China*³ *School of Mechanical, Electronic and Control Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing, China*

Расширенный фильтр Калмана и метод вектора четности объединены для оптимизации модели диагностики неисправностей гироскопов, компенсации постоянного дрейфа и увеличения временного окна для улучшения функции принятия решения. Улучшенная модель сохраняет способность обнаруживать аномальные дрейфовые и может эффективно обнаруживать аномальные шумовые неисправности, чтобы изолировать тип сбоя для применения MEMS на орбите. Для верификации моделирования используется алгоритмическая модель реальной спутниковой системы ориентации. Результаты показывают, что система может эффективно обнаруживать и изолировать тип неисправности в короткие сроки.

Ключевые слова: гироскопы микроэлектромеханической системы, случайный шум, расширенный фильтр Калмана, вектор четности, оценка неисправностей.

Введение

Требования к инерциальным приборам для новых аэрокосмических полетов выше, чем раньше [1]. Гироскопы микроэлектромеханической системы (MEMS) обладают малыми габаритами и весом, низкой стоимостью по сравнению с другими типами гироскопов, поэтому они все шире используются в инерциальных системах ориентации микроспутников.

Однако доля отказов MEMS-гироскопа, как основного элемента системы ориентации составляет 17% от общего числа отказов системы. В целом неисправность спутникового гироскопа проявляется, в основном, в виде аномального постоянного дрейфа. MEMS-гироскоп на орбите часто подвергается внешним помехам, включая космическое излучение, электромагнитную среду и бортовое электрооборудование, что приводит к внезапным аномальным случайным шумовым ошибкам, которые трудно смоделировать или протестировать на Земле.

В данной работе усовершенствован метод обнаружения неисправностей MEMS-гироскопов на базе спутника «Божья Коровка-1 ('Ladybeetle-1')» (запущен 7 декабря 2018 г.). Спутник использует два набора трехосных ортогональных MEMS-гироскопов, которые являются коммерческими (COTS) продуктами норвежской компании «Sensorer», модель STIM210. В результате анализа характеристик на орбите оказывается, что постоянный дрейф гироскопа относительно Земли значительно больше, он достигает двух порядков величины результатов наземных испытаний. 26 июня 2019 г. в гироскопе произошел сбой. Одна из «измерительных» осей непрерывно выводила информацию об угловой скорости с аномальным шумом, что привело к выходу из строя системы управления. Из [2] следует, что два продукта компании, включая STIM210, не могут полностью пройти тест одиночного события и полной дозы космического облучения, либо их коммуникационные функции оказываются отключены навсегда. Однако в литературе не раскрываются соответствующие конкретные данные о поломках на орбите.

Известно, что явление аномального увеличения дрейфа и аномального увеличения шума этого типа MEMS-гироскопов отличается от обычных высокоточных гироскопов для космических полетов. Распространенные методы диагностики неисправностей, включая метод вектора четности и метод уравнения баланса, согласуются с неисправностями MEMS-гироскопа, поэтому необходимо усовершенствовать метод обнаружения неисправностей для обеспечения работы на орбите. Что касается диагностики, то в [3] рассматриваются только неисправности смещения, насыщения и постепенного изменения и используются данные звездного датчика. Усовершенствовать модель случайного дрейфа с помощью расширенного фильтра Калмана EKF предложено авторами [4].

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>