

УДК 53.088

Стохастическое моделирование шкал времени навигационной аппаратуры

Чекунов Илья Владимирович^{1(*)}

onip4@mail.ru

Петров Сергей Дмитриевич²

s.d.petrov@spbu.ru

Трофимов Дмитрий Александрович²

d.trofimov@spbu.ru

¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия² Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Рассматривается понятие синхронизации, показано, что синхронизация возможна в условиях наличия шкал времени, и шкалы времени являются основным средством частотно-временного обеспечения. Показана необходимость перехода от аппаратного к математическому методу формирования шкал времени и использования стохастических моделей шкал времени, которые позволяют строить блоки хранения времени и частоты с высокими параметрами, прежде всего долговременной нестабильностью частоты.

Ключевые слова: шкалы времени, временная синхронизация, стохастическое моделирование

Введение. Любая динамическая система природного или техногенного происхождения способна к существованию и функционированию лишь при наличии синхронного взаимодействия циклических процессов составных частей. Синхронизация (синхронное взаимодействие) — это такое состояние циклических процессов, при котором сохраняется целочисленное соотношение их частот колебательных или вращательных движений [1]. Основным инструментом установления синхронизации является шкала времени (ШВ), которая является основным средством частотно-временного обеспечения (ЧВО) систем управления, навигации и связи. В радиотехнических системах характеристики средств ЧВО определяют качество синхронизации сигналов систем управления, навигации и связи [2]. В настоящее время возникает проблема ЧВО для малых космических аппаратов (МКА).

Материалы и методы; результаты. Используемые в настоящее время аппаратные методы формирования ШВ за счет характеристик опорных генераторов (ОГ) не в состоянии обеспечить необходимую близость характеристик средств ЧВО, которая требуется для формирования различных систем орбитальных аппаратов в условиях радиоэлектронного противодействия, то есть отсутствия доступа к ШВ навигационных космических аппаратов спутниковых радионавигационных систем. Это вызвано отсутствием унификации технологических процессов производства ОГ

Близость характеристик средств ЧВО обеспечивается математическим методом формирования ШВ, который используется на борту НКА и в комплексах первичных и вторичных эталонов времени и частоты (например,

ВНИИФТРИ и др.). Основной математический инструмент — полиномиальная модель с частотно-временными поправками (ЧВП) для квантовых стандартов частоты. Качество ШВ определяется периодом коррекции ШВ ЧВП. Для обеспечения необходимой точности ШВ необходима круглосуточная работа по анализу, расчету и закладке ЧВП индивидуально для каждого космического объекта.

В качестве средства высокоточного ЧВО для МКА данная методика не используется из-за необходимости привлечения значительных ресурсов для наземной и орбитальной инфраструктуры.

Стохастическое моделирование [3] ШВ — способ построения блоков хранения времени и частоты (БХВЧ) с высокими параметрами долговременной нестабильности частоты (ДНЧ), низким энергопотреблением, небольшим массо-габаритом и на доступных комплектующих. Необходимость коррекции автономного хранения ШВ определяется требуемой точностью и составляет недельный период при точности 100 нс/сутки и месячный период при точности 1 мкс [4].

Наземная инфраструктура космодрома «Восточный» в виде СЕВ ВКИП, СЕВ ТК, СЕВ РБ и КА, СЕВ СК декларирует обеспечение точности автономного хранения на уровне 3 мкс/сутки. Применение стохастического моделирования ШВ для доработки данных комплексов позволит обеспечить данное значение параметра на 100 суточном интервале без значительных материально-временных затрат.

Заключение. Необходимо широкое внедрение методов стохастического моделирования при построении средств ЧВО для МКА. Построена общая стохастическая модель хранителя времени и частоты.

Список источников

- [1] Блехман И.И. *Синхронизация в природе и технике*. Москва, Наука, 1981.
- [2] Линдсей В. *Системы синхронизации в связи и управлении*. Москва, Сов. радио, 1978.
- [3] Соколов С.В. и др. *Методы идентификации нечетких и стохастических систем*. Москва, Физматлит, 2018.
- [4] Аникейчик Н.Д. и др. *Теория и практика эксплуатации объектов космической инфраструктуры*. Санкт-Петербург, БХВ-Петербург, 2006.