

Учёт воздействий дестабилизирующих факторов на определение погрешности синхронизации генератора беспилотного летательного аппарата локальной системы высокоточной навигации

Accounting for the effects of destabilizing factors in the determination of the error of synchronization of the drone aircraft generator with the local system of high-precision navigation

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат – drone aircraft; дестабилизирующие факторы – destabilizing factors; локальная система высокоточной навигации – the local high-precision navigation system; погрешность синхронизации генератора – the synchronization error of generator.

В статье приводится перечень и расчётные значения возможного суммарного влияния дестабилизирующих факторов на погрешность работы кварцевого генератора беспилотного летательного аппарата локальной системы высокоточной навигации.

The article provides a list and calculated values of the possible total effect of destabilizing factors on the accuracy of the drone aircraft oscillator in the local system of high-precision navigation.

Для учёта воздействий дестабилизирующих факторов (ДФ) на определение погрешности генератора беспилотного летательного аппарата (БПЛА) локальной системы высокоточной навигации (ЛСВН) возникают проблемы в построении соответствующей адекватной по точности математической модели с целью качественной синхронизации шкал времени (ШВ) всех объектов системы.

Структурная схема взаимосвязей между моделями процесса синхронизации, управляемого генератора, ошибок приёма сигналов и ДФ для определения минимально достижимого порядка погрешностей позиционирования БПЛА приведена на рис.1 [1].

Влияние ДФ на синхронизацию генератора в большой степени зависит от выбранного его типа и от технологии завода-изготовителя. Выбор типа

МОРОЗОВ / MOROZOV G.

Геннадий Григорьевич

(morozov@loniis.org)

заместитель начальника центра,
Санкт-Петербургский филиал «Ленинградское отделение
центрального научно-исследовательского института
связи»,
Санкт-Петербург

ОСАДЧИЙ / OSADCHIY S.

Сергей Александрович

(spb.sos@hotmail.com)

ведущий инженер,
Санкт-Петербургский филиал «Ленинградское отделение
центрального научно-исследовательского института
связи»,
Санкт-Петербург

ПЕТРИЧЕНКО / PETRICHENKO A.

Анатолий Константинович

(synchro@loniis.org)

начальник центра,
Санкт-Петербургский филиал «Ленинградское отделение
центрального научно-исследовательского института
связи»,
Санкт-Петербург

ЯСИНСКИЙ / JASINSKI S.

Сергей Александрович

(yasinsky777@mail.ru)

доктор технических наук, доцент,
главный научный сотрудник,
Санкт-Петербургский филиал «Ленинградское отделение
центрального научно-исследовательского института
связи»,
Санкт-Петербург

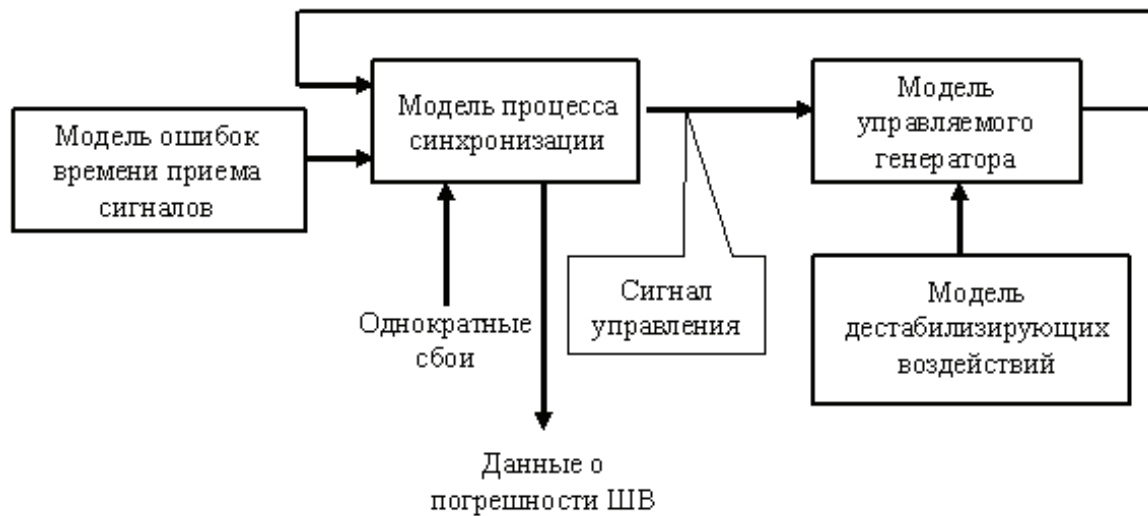


Рис. 1. Структурная схема взаимосвязей между моделями процесса синхронизации, управляемого генератора, ошибок приёма сигналов и ДФ

и изготовителя генератора должен проводиться по параметрам, определяющим степень влияния следующих ДФ [1]:

- разброс параметров генераторов;
- старение генераторов;
- изменение температуры окружающей среды;
- ошибки (погрешности) измерений времени приёма сигналов от ведущей станции стационарной наземной базы (СНБ) из-за движения БПЛА и ограниченной разрешающей способности измерителей;
- битовые ошибки при передаче данных от ведущей станции к ведомым станциям СНБ и к БПЛА;
- воздействие радиоактивного излучения;
- ускорение при перемещении БПЛА;
- вибрация;
- удары;
- изменение атмосферного давления;
- влияние релятивистского и гравитационного эффектов.

В процессе проведения расчётов и исследований по оценке влияния приведённых выше ДФ на рабочие характеристики кварцевого генератора типа MV-89 (производство ОАО «Морион») получен результат, который показал, что отклонение частоты вследствие воздействия всех $k = 1, K$ дестабилизирующих факторов будет устанавливаться с точностью одного шага управления генератора, если минимальный диапазон перестройки частоты генератора

$$\frac{\delta_{\max} + |\delta_{\min}|}{2} |_{\min} = 3 * 10^{-7} \quad (1)$$

будет больше суммы отклонений частоты по всем ДФ

$$\sum_{k=1}^K \delta_{ДФ_k}, \quad (2)$$

т.е. будет выполняться следующее условие:

$$\frac{\delta_{\max} + |\delta_{\min}|}{2} |_{\min} > \sum_{k=1}^K \delta_{ДФ_k}, \quad (3)$$

где δ_{\min} и δ_{\max} — соответственно, минимальное и максимальное значение отклонения частоты в диапазоне управления конкретного образца генератора.

Для расчёта суммарного значения отклонения частоты с помощью формулы (2) были использованы полученные в ходе исследований расчётные значения влияющих на генератор ДФ [1], которые приведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что изменение атмосферного давления, вибрация, релятивистский и гравитационный эффекты не оказывают существенного влияния на точность синхронизации кварцевого генератора типа MV-89.

Более существенное влияние на стабильность работы генератора оказывает разброс его параметров. Следовательно, при изготовлении блоков синхронизации ШВ следует проверять диапазон перестройки частоты и использовать только генераторы с допустимым диапазоном перестройки частоты, который должен быть больше суммы отклонений частоты по всем ДФ.

Таблица 1.

Расчётные значения влияющих на генератор ДФ

$k=$	Наименование влияющих на генератор ДФ	Значения $\delta_{ДФ_k}$
1	разброс параметров генератора	$\delta_{ДФ_1} = 2 \cdot 10^{-8}$
2	старение генератора (25 лет)	$\delta_{ДФ_2} = 6 \cdot 10^{-8}$
3	изменение температуры окружающей среды на 50°C	$\delta_{ДФ_3} = 5,5 \cdot 10^{-10}$
4	изменение атмосферного давления	$\delta_{ДФ_4} = 1,13 \cdot 10^{-11}$
5	воздействие радиоактивного излучения	$\delta_{ДФ_5} = 1 \cdot 10^{-8}$
6	ускорение 3g в течение 100 с	$\delta_{ДФ_6} = 3 \cdot 10^{-9}$
7	вибрация	$\delta_{ДФ_7} = 1 \cdot 10^{-10}$
8	удар	$\delta_{ДФ_8} = 1 \cdot 10^{-9}$
9	погрешности измерений	$\delta_{ДФ_9} = 2 \cdot 10^{-9}$
10	релятивистский и гравитационный эффекты	$\delta_{ДФ_{10}} = 2 \cdot 10^{-13}$

В процессе длительной эксплуатации происходит изменение собственной частоты генератора из-за старения элементной базы, которое становится весомым после 25 лет работы.

Таким образом, в результате расчётов с использованием формулы (2) и сравнения их со значением (1) можно сделать вывод, что условие (3) выполняется с большим численным запасом. Это означает, что в результате воздействия всех дестабилизирующих факторов на кварцевый генератор БПЛА не произойдёт срыва синхронизации, а отклонение частоты установится с погрешностью одного шага управления генератором.

Литература

1. Научно-технический отчёт о составной части научно-исследовательской работы «Арава-ИС». – СПб.: Филиал ФГУП ЦНИИС-ЛО ЦНИИС, 2012. – 205 с.