

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОМПЛЕКСНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

И.Е. Бакулин

(представил д.ф.-м.н., проф. Е.Д. Прилепский)

Предложен подход к повышению точностных показателей комплексных навигационных систем летательных аппаратов, содержащих в своем составе корреляционно - экстремальные системы навигации по наземным ориентирам. Показано, что запоминание последнего значения корректирующего сигнала, в промежутках времени между поступлением сигналов измерений от корреляционно - экстремальной системы навигации, позволяет сделать процесс коррекции непрерывным, что повышает точностные показатели комплексной навигационной системы в целом.

Общепризнанным методом повышения точности определения навигационных параметров бортовыми системами навигации летательных аппаратов (ЛА) считается комплексирование радиотехнических и нерадиотехнических измерителей, позволяющее снизить флюктуационную, методическую и другие составляющие погрешности без увеличения динамической погрешности. Комплексирование основано на избыточности измерительной системы, т.е. использовании не менее двух измерителей, определяющих один и тот же навигационный параметр $W(t)$ различными методами. Совместно работающие измерители, один из которых используется в качестве основного (базового), а второй в качестве корректирующего, в совокупности образуют комплексную навигационную систему (КНС) с компенсацией погрешностей одного измерителя другим [1].

В качестве основного измерителя в бортовых КНС ЛА чаще всего используется инерциальная навигационная система (ИНС), служащая для определения географических или условных координат положения ЛА на земной поверхности, составляющих путевой скорости в выбранной системе координат, курса ЛА, углов крена, тангажа и вертикального ускорения [2].

Одним из перспективных направлений комплексирования является применение в качестве корректирующего измерителя высокоточной радиотехнической (радиолокационной, радиометрической) или оптической корреляционно - экстремальной системы навигации (КЭСН) по

наземным ориентирам. Это позволяет свести к минимуму погрешность определения координат ЛА с помощью ИНС [3].

Особенность работы КЭСН заключается в том, что она является устройством дискретного принципа действия. Сигнал на выходе КЭСН формируется после совпадения текущего изображения земной поверхности с эталонным, хранящимся в бортовом спецвычислителе. Этому предшествует цикл работы, состоящий из построения текущего изображения путем сканирования земной поверхности, его масштабирования и сравнения с эталонным, что занимает определенное время [4].

Таким образом, в силу своего физического принципа действия, КЭСН не может обеспечить непрерывной выдачи текущих значений измеряемого навигационного параметра. Это не позволяет осуществлять коррекцию ИНС непрерывно, что снижает точность работы КНС в целом.

Работа посвящена повышению точностных показателей КНС, содержащей в своем составе КЭСН, путем запоминания последнего значения корректирующего сигнала в промежутках времени между поступлением сигналов от КЭСН.

Алгоритм работы КНС, реализующей данный способ, можно пояснить с помощью структурной схемы, приведенной на рис. 1.

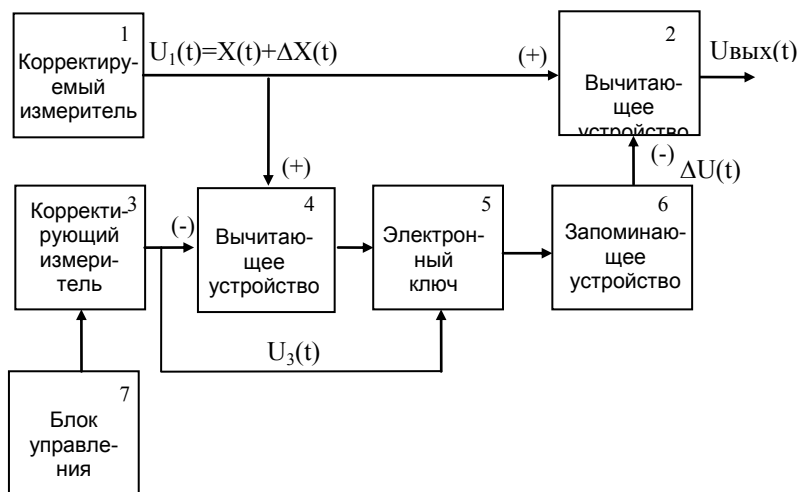


Рис. 1. Структурная схема алгоритма работы КНС

Работа устройства заключается в следующем.

Известно [5], что ИНС, используемая в данном случае в качестве корректируемого измерителя, характеризуются медленно нарастающей со временем работы ошибкой измерений $\Delta X(t)$, измеряемого навига-

онного параметра $\mathbf{W}(t)$, обусловленной дрейфом гироскопов и являющейся нарастающей функцией времени. Поэтому сигнал на выходе корректируемого измерителя 1 можно представить в общем виде как

$$\mathbf{U}_1(t) = \mathbf{X}(t) + \Delta\mathbf{X}(t), \quad (1)$$

где $\mathbf{X}(t)$ - точное значение измеренного навигационного параметра $\mathbf{W}(t)$, $\Delta\mathbf{X}(t)$ - ошибка измерений. Перед началом работы комплексной навигационной системы запоминающее устройство 6 обнуляется. В первые моменты времени после включения корректируемого измерителя 1, ошибка измерений мала и ею можно пренебречь. Тогда сигнал на его выходе

$$\mathbf{U}_1(t) = \mathbf{X}(t) + \mathbf{0} = \mathbf{X}(t). \quad (2)$$

При этом корректирующий измеритель 3 выключен, сигнал на его выходе отсутствует, электронный ключ 5 разомкнут и корректирующий сигнал $\Delta\mathbf{U}(t)$ на выходе запоминающего устройства 6 равен нулю. Поэтому сигнал $\mathbf{U}_{\text{вых}}(t)$ на выходе вычитающего устройства 2 равен сигналу на выходе корректируемого измерителя 1:

$$\mathbf{U}_{\text{вых}}(t) = \mathbf{U}_1(t) - \Delta\mathbf{U}(t) = \mathbf{U}_1(t) - \mathbf{0} = \mathbf{U}_1(t) = \mathbf{X}(t), \quad (3)$$

т. е. точному значению измеренного навигационного параметра $\mathbf{W}(t)$. Учитывая медленный характер нарастания ошибки измерений $\Delta\mathbf{X}(t)$ за короткие промежутки времени работы корректируемого измерителя 1, ее можно полагать постоянной. Тогда:

$$\begin{aligned} \Delta\mathbf{X}(t) &\approx \Delta\mathbf{X}; \\ \mathbf{U}_1(t) &= \mathbf{X}(t) + \Delta\mathbf{X}. \end{aligned} \quad (4)$$

При длительной работе корректируемого измерителя 1, когда ошибка измерений $\Delta\mathbf{X}(t)$ достигает значительной величины, превосходящей допустимые значения, возникает необходимость коррекции его показаний корректирующим высокоточным измерителем 3 с целью «списания» ошибок измерений. Для этого блок управления 7 в заданный момент времени включает корректирующий измеритель 3, который, произведя измерения, выдает точное значение измеренного навигационного параметра $\mathbf{W}(t)$. Полагая, что точность корректирующего измерителя, в качестве которого в данном случае используется КЭСН, на один - два порядка выше, чем у корректируемого, можно считать ошибку на его выходе равной нулю, а его выходной сигнал представить в виде

$$\mathbf{U}_3(t) = \mathbf{X}(t). \quad (5)$$

В вычитающем устройстве 4 происходит процесс

$$\mathbf{U}_1(t) - \mathbf{U}_3(t) = \mathbf{X}(t) + \Delta\mathbf{X} - \mathbf{X}(t) = \Delta\mathbf{X}, \quad (6)$$

в результате чего на его выходе выделяется сигнал ошибки измерений $\Delta\mathbf{U}(t) = \Delta\mathbf{X}$, используемый в качестве корректирующего. Одновременно с этим, выходной сигнал $\mathbf{U}_3(t)$ подается на управляющий вход электрон-

ного ключа 5, в результате чего последний открывается и пропускает корректирующий сигнал через запоминающее устройство 6 на вход вычитающего устройства 2. В вычитающем устройстве 2 происходит процесс

$$U_1(t) - \Delta U(t) = X(t) + \Delta X - \Delta X = X(t), \quad (7)$$

в результате чего на его выходе выделяется сигнал $U_{\text{вых}}(t) = X(t)$. Итак, в результате коррекции сигнал на выходе вычитающего устройства 2, как и прежде равен точному значению измеренного навигационного параметра $W(t)$.

После выдачи измеренного значения корректирующий измеритель 3 отключается до следующего сеанса работы. При этом сигнал на управляющем входе электронного ключа 5 исчезает, в результате чего он закрывается, отключая вход запоминающего устройства 6 от выхода вычитающего устройства 4. Однако, запомненное в запоминающем устройстве 6 последнее значение корректирующего сигнала $\Delta U(t)$ и далее продолжает поступать на вычитающее устройство 2, поэтому процесс коррекции продолжается. Так будет продолжаться до следующего сеанса работы корректирующего измерителя 3, по окончании которого значение корректирующего сигнала $\Delta U(t)$ на выходе запоминающего устройства 6 обновится.

Таким образом, за счет включения в схему запоминающего устройства 6 и запоминания в нем последнего значения корректирующего сигнала $\Delta U(t)$, в промежутках времени между поступлением сигналов от КЭСН процесс коррекции будет осуществляться непрерывно, начиная с момента первого включения корректирующего измерителя 3, что позволяет повысить точность измерений КНС в целом.

В современных ЛА целесообразна программная реализация вышеприведенного алгоритма на базе бортовой ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сосновский А.А., Хаймович И.А. Радиоэлектронное оборудование летательных аппаратов: Справочник. – М.: Транспорт, 1987. – 256 с.
2. Справочник инженера по авиационному и радиоэлектронному оборудованию самолетов и вертолетов / Александров В.Г., Базанов Б.И., Майоров А.В. и др. – М.: Транспорт, 1978. – 408 с.
3. Быков В.Н., Гричанюк А.М. Анализ влияния размеров эталонного и текущего изображений на функционирование корреляционно - экстремальных систем навигации летательных аппаратов // Радиотехника. – 1998. – Вып. 105. – С. 122 - 125.
4. Баклицкий В.К., Юрьев А.Н. Корреляционно - экстремальные методы навигации. – М.: Радио и связь, 1982. – 256 с.

5. Холостов Д.И. Средства кораблевождения подводных атомыходов.
– М.: Воениздат, 1967. – 212 с.
