

ВЫБОР СРЕДСТВ ПАРИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ ГИРОСКОПИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ БЕСПИЛОТНОГО САМОЛЕТА

д.т.н., проф. А.С. Кулик, Н.П. Разинькова

Предложен выбор средств парирования отказов и расчет дополнительного ресурса гироскопического датчика после парирования отказа в нем на основе метода динамического программирования, а также описываются средства восстановления измерений датчиков с помощью различных ресурсов избыточности.

Восстановление измерений. Диагностическое обеспечение позволяет решить такие задачи глубокого диагностирования блока гироскопических датчиков (БГД) беспилотного самолета: обнаружение отказов в блоке, поиск места отказа, определение класса и вида отказа. Для задачи диагностирования построены свои диагностические модели, образующие иерархию моделей [1, 2] и алгоритмы в виде дихотомических деревьев с двузначными предикатами в узлах, позволяющие обнаружить и однозначно определить место, класс и вид возникшего отказа. Проектирование алгоритмов восстановления измерений датчиков состоит в гибком использовании имеющейся на борту беспилотного самолета избыточности (приборная избыточность достигается двумя датчиками угловой скорости (ДУС), а алгоритмическая за счет функциональной взаимосвязи измерений датчика угла (ДУ) с ДУС), и наличием средств сигнальной и параметрической компенсации неправильных измерений. Средства парирования вида отказа выбираются:

$$\hat{U}_\lambda(\mathbf{k}) = \alpha \tilde{U}_\lambda(\mathbf{k}) + \beta + \gamma \hat{U}'_\lambda(\mathbf{k}), \mathbf{k} \in \mathbf{K}, \quad (1)$$

где α , β , γ - параметры восстановления, позволяющие выполнять следующие подстройки: α - параметрическую, β - сигнальную и γ - смешанную; $\hat{U}_\lambda(\mathbf{k})$ - восстановленные значения напряжения; $\tilde{U}_\lambda(\mathbf{k})$ - неправильные измерения; $\hat{U}'_\lambda(\mathbf{k})$ - оценки, полученными посредством других датчиков; \mathbf{K} - множество номеров измерений.

© д.т.н. А.С. Кулик, Н.П. Разинькова, 1998

Возможности уравнения для определенных видов отказов иллюстрируются для случая переориентации ДУ - восстановление выполнено так:

$$\alpha = -1; \beta = 0; \gamma = 0: \hat{U}_{\psi}(k) = -\tilde{U}_{\psi}(k). \quad (2)$$

Для случая кратных (двойных) отказов в ДУС2 - переориентация и устранимый дрейф - средства парирования этих отказов выбираются так:

$$\alpha = -1, \beta = U_0^{\omega^2}, \gamma = 0: \hat{U}_{\omega_2}(k) = -\tilde{U}_{\omega_2}(k) + U_0^{\omega^2}. \quad (3)$$

Для других видов отказов из ограниченного множества для всех датчиков данной конфигурации БГД средства восстановления на элементном уровне определены аналогично. Для восстановления некоторых кратных отказов управление передается на системный или надсистемный уровень.

Задача выбора средства восстановления измерения при возникшем отказе ставится следующим образом.

Требуется из ограниченного набора средств восстановления выбрать то, которое позволит максимально продлить ресурс гиродатчика. Но некоторые средства могут использоваться многократно, (при парировании дрейфов с помощью сигнальной подстройки, регистр, выполняющий операцию коррекции данных, может парировать несколько дрейфов одновременно в виде их алгебраической суммы), а частью средств можно воспользоваться только один раз (при парировании обрыва с помощью показаний других датчиков). Второе требование к средствам восстановления - их универсальность, т.е. для компенсации одного вида отказа доступны несколько видов избыточности, или одно средство позволяет парировать различные виды отказов.

Расчет дополнительного ресурса гиродатчика. В результате описанного восстановления измерений отказавшего гиродатчика, удается продлить его ресурс. Величина дополнительного ресурса оценивается, исходя из времени наработки на отказ по следующему алгоритму.

Шаг 1. При известной интенсивности классов отказов λ_i , $i = \overline{1, n}$ вычисляется наработка на отказ данного класса

$$T_i = 1 / \lambda_i, \quad (4)$$

а также наработка на любой отказ

$$T_0 = 1 / \sum_i \lambda_i. \quad (5)$$

Шаг 2. При пуассоновском потоке отказов интенсивность отказа в датчике это величина постоянная, и виды отказов из одного класса происходят в пределах интервалов времени, кратных T_i . В начальный момент времени t_0 включаются $n + 1$ счетчиков интервалов времени, первый отсчитывает количество интервалов T_1 , второй - количество интервалов T_2 , и т.д., а по-

следний - количество интервалов T_0 . В гиросдатчике произошли m видов отказов $d_1, d_2, d_3, \dots, d_m$ из n классов в моменты времени $t_1, t_2, t_3, \dots, t_m$.

Шаг 3. Вычислим количество целых периодов, попавших в интервал от t_0 до t_j , и сформируем таблицу, в которой количество строк равно количеству счетчиков $n + 1$, где n - количество возможных классов отказов, а количество столбцов равно m - мощность потока отказов, n_{ij} - значение i - го счетчика в момент времени t_j .

$(n_{1,1} + 1)T_1 - t_1$	$(n_{1,2} + 1)T_1 - t_2$	$(n_{1,m} + 1)T_1 - t_m$
$(n_{2,1} + 1)T_2 - t_1$	$(n_{2,2} + 1)T_2 - t_2$	$(n_{2,m} + 1)T_2 - t_m$
.....
$(n_{n,1} + 1)T_n - t_1$	$(n_{n,2} + 1)T_n - t_2$	$(n_{n,m} + 1)T_n - t_m$
$(n_{n+1,1} + 1)T_0 - t_1$	$(n_{n+1,2} + 1)T_0 - t_2$	$(n_{n+1,m} + 1)T_0 - t_m$

Шаг 4. К полученной таблице применяем метод оптимизации, например, метод динамического программирования [3], и находим для каждого вида отказа максимальный резерв времени до следующего отказа.

Шаг 5. В качестве средства парирования выбираем то, которое обеспечивает этот максимальный резерв, а величину этого резерва принимаем за дополнительный ресурс гиросдатчика.

Отказоустойчивость блока гироскопических датчиков проявляется в его способности принимать решение относительно диагноза и восстановления измерений, а также в оптимальном выборе средств восстановления (аппаратных или аналитических), а также обеспечивает продление ресурса датчиков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулик А.С., Козий А.П. Системное обеспечение отказоустойчивости блока гироскопических датчиков // Электронное моделирование. - 1995. - Т.17, № 6. - С. 28 - 33.
2. Кулик А.С., Разинькова Н.П. Методология разработки отказоустойчивых блоков гироскопических датчиков // Тр. 8 - го Всерос. сем. с межд. участием по управлению движением и навигации летательных аппаратов, Самара, - 1997. С. 84 - 86.
3. Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В Курс методов оптимиза-

ции. - М.: Наука, 1986. - 328 с.