

## Функционална диагностика на системи за управление на летателни апарати на базата на идентификация на коэффициентите от разложението на преходните функции в ред от функции на Уолш<sup>1</sup>

*Петър Гецов, Пламен Христов,  
Пламен Ангелов*

*Институт за космически изследвания, БАН*

Тази статия е продължение на "Подход за проектиране и изследване на компютърни системи за управление на летателни апарати на базата на модели на Хоар", публикувана в кн. 12/1996 г. на поредицата "Аерокосмически изследвания в България". В нея се предлага метод за контрол и диагностика на системи за управление на летателни апарати, базиращ се на имитационно моделиране на страничното движение и алгоритми за идентификация на коэффициентите на разложение на переходните функции в ред на ортогонални функции на Уолш.

Внедряването на бордовите цифрови изчислителни машини позволи използването на програмни методи за контрол и диагностика на системите за управление на летателни апарати. Отсъствието на допълнителна апаратура за контрол и гъвкавостта при пренастройка на алгоритмите и режимите за контрол и диагностика, както и възможността за откриване на откази и локализацията на неизправностите по програмен път, обуславят все по-широкото разпространение на тези методи за обекти от указания тип.

<sup>1</sup> Изследванията се финансират от Национален фонд "Научни изследвания" при МОНТ договор № И-305/93

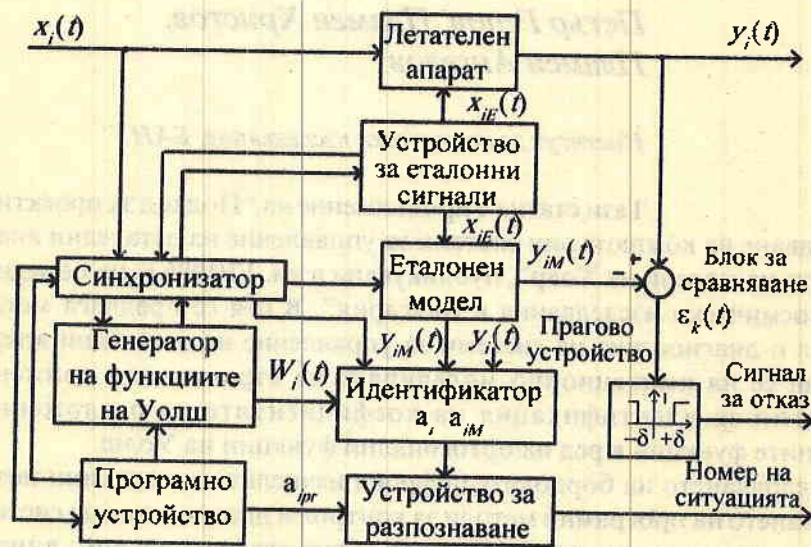
Разработената схема (фиг. 1) позволява да се съчетаят възможностите за контрол на техническото състояние на обекта както в пространството на сигналите, така и в пространството на параметрите.

В първия случай се осъществява сравняване на преходните функции на проверявания обект  $y_i(t)$  и на еталонния модел  $y_{iM}(t)$ , при което трябва да е в сила зависимостта:

$$(1) \quad |y_i(t) - y_{iM}(t)| < \delta_i,$$

където  $i=1, 2, \dots, n$  е броят на контролираните изходи на системата и модела.

Еталонният модел е разработен в съответствие с пълния линеен модел на контура за стабилизация на страничното движение [1], структурната схема на който е показана на фиг. 2. По своята структура еталонният модел съвпада с обекта за контрол, което е установено в [2] чрез сравняване на реакциите им при единични входни въздействия.



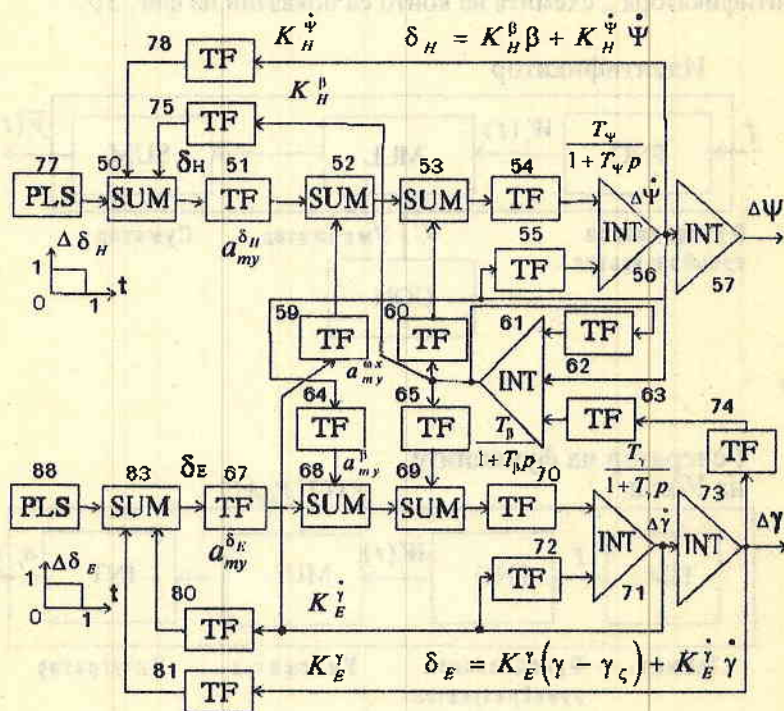
Фиг. 1

Блокът за сравняване осъществява проверка на изпълнението на условие (1) и подава сигнал за отказ ( $\alpha=1$ ) или изправност ( $\alpha=0$ ), в зависимост от величината на разсъгласуването  $\varepsilon_k(t)$ . При това еталонният модел изпълнява функции на имитационен модел с изходни сигнали, които са достатъчно близки до сигналите на изходите на реалния обект. Даденият критерий позволява да се открият груби грешки (внезапни откази) в



системата. Сигналят за отказ се формира в праговото устройство при условие, че  $\varepsilon_i(t) > \delta_i$ .

Освен внезапните откази, предложената схема може да определи бавно изменящи се прогресивни отклонения от нормалния режим на работа на обекта и системата за управление, при които отклоненията на изходните сигнали  $y_i(t)$  не излизат от границата на допусковия интервал  $(-\delta_i, \delta_i)$ . Това състояние е характерно за бавноизменящите се параметри на елементите на системата в резултат на стареене, както и при т.нар. постепенни откази. За откриването на подобни дефекти и изменения в схемата (фиг. 1) се предвижда устройство за разпознаване, което по коефициентите на разложение  $a_n$  на функциите на Уолш  $W_n(t)$  позволява откриването на създалата се ситуация и сравняването и с предварително зададените.



Фиг. 2

Системата от функции на Уолш  $W_n(t)$  се явява пълна система ортонормирани функции [3-5], т. е. всяка абсолютно интегрируема в  $[0, 1]$  функция  $y(t)$  може да бъде представена със зададена точност във вид на сума от краен брой функции на Уолш (фиг.3а):

$$(2) \quad y(t) = \sum a_i(T) W_i(t), \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

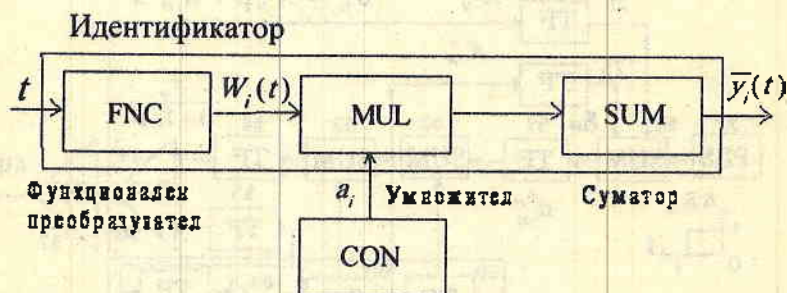
и този ред притежава свойството равномерна сходимост, ако функцията е непрекъсната в този интервал.

Идентификаторът (фиг.1) изчислява периодично (в съответствие с командите на програмното устройство) коефициентите  $a_i$  и  $a_{iM}$  на разложените в ред на Уолш преходни функции  $y_i(t)$  и  $y_{iM}(t)$ :

$$(3) \quad a_i(T) = \frac{1}{T} \int_0^T y_i(t) W_i(t) dt, \quad a_{iM}(T) = \frac{1}{T} \int_0^T y_{iM}(t) W_i(t) dt,$$

където  $T$  е период на идентификация.

Функциите на Уолш  $W_i(t)$  и коефициентите на разложение в ред  $a_i$  се задават и определят програмно съответно от "генератора на функциите на Уолш" и "идентификатора", схемите на които са показани на фиг. 3б.



Фиг. 3а



Фиг. 3б

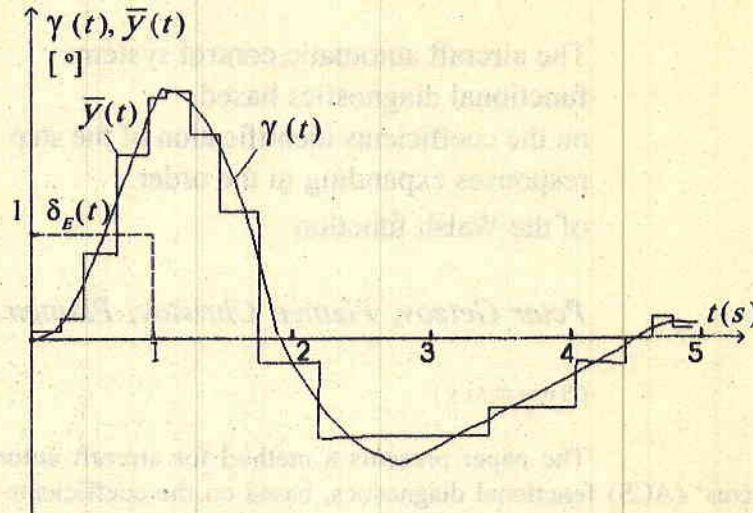
Получените коефициенти  $a_{iM}$  за преходните функции на модела могат да се използват за проверка на работоспособността на самия модел чрез сравняването им с предварително зададени коефициенти в устройството за разпознаване при еталонно смущаващо въздействие.



Тези проверки се извършват периодически в зависимост от командите на програмното устройство.

Коефициентите  $a_i$  на преходните функции  $y_i(t)$  се сравняват в устройството за разпознаване с  $a_{ipr}$ , което позволява да се локализира мястото на отказа, като се определи номерът на ситуацията.

На фигура 4 е приведен пример с изчислените коефициенти  $a_i$  на съответния ред на функциите на Уолш и съответната графика за преходната функция  $y(t) = \gamma(t)$  на ъгъла на  $\gamma(t)$ .



$a_0 = 0,7532$	$a_4 = -0,0279$	$a_8 = -0,0128$	$a_{12} = -0,0037$
$a_1 = 1,2006$	$a_5 = 0,0014$	$a_9 = -0,0606$	$a_{13} = -0,0037$
$a_2 = -0,7456$	$a_6 = -0,2730$	$a_{10} = -0,0880$	$a_{14} = 0,2889$
$a_3 = -0,2188$	$a_7 = -0,5349$	$a_{11} = -0,2547$	$a_{15} = 0,0767$

Фиг. 4

Получените резултати показват, че предложеният метод е приложим при системите за контрол и диагностика на системите за управление на летателни апарати. Те са ориентирани към цифрова реализация и могат да бъдат ефективно реализирани преди всичко с цифрови бордови машини, т.е. основната област за тяхното използване се явяват цифровите системи за управление на обекти и изпитателни стендове с цифрови изчислителни машини.

## Литература

1. Красовский, А. А. Системы автоматического управления полетом пилотируемых летательных аппаратов. М., ВВИА "Н.Е. Жуковский", 1971.
2. Гецов, П. С. Автоматично управление на странично движение на летателния апарат. III конференция по авиация, Пловдив, 1990.
3. Василев, И. В. и др. Автоматический контроль и диагностика систем управления силовыми установками летательных аппаратов. М., Машиностроение, 1989.
4. Петков, Т. Т. Идентификация на обектите за управлението. С., Техника, 1984.
5. Калайков, И. Г. Цифрова обработка на сигналите. С., Техника, 1988.

Постъпила на 19.VI. 1995

### The aircraft automatic control systems functional diagnostics based on the coefficients identification of the step responses expanding in the order of the Walsh function

*Peter Getzov, Plamen Christov, Plamen Angelov*

(Summary)

The paper presents a method for aircraft automatic control systems' (ACS) functional diagnostics, based on the coefficients identification of the step responses expanding in the order of the Walsh functions. The developed scheme combines the possibilities for control of aircraft ACS technical state for both the signal space and the parameters space. The reference model device is developed according to the stabilizing loops complete linear model of the side motion. Besides sudden failures the proposed scheme can detect the appearance of slowly changing progressive abnormalities during operation of the object and the control system, where the deviations of the output signals do not pass beyond the limits of the admissible interval. The Walsh functions and the distribution coefficients are given and determine according to the program from the Walsh function generator and the identifying unit. The obtained coefficients for the model step functions can be used for diagnostics of the working capacity of the model itself by comparing them with the predetermined values.

The obtained qualitative and quantitative results show that the proposed approach and algorithm are applicable in systems for control and diagnostics of aircraft ACS. They are oriented towards digital realization and can be used mainly in computer-aided diagnostics.