

УДК 629.7.05(075.8)

М.П. Колесников (асп., каф. ИСУ), А.А. Андреев, к.т.н., доц.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ СУ С НЕНАБЛЮДАЕМЫМИ ВХОДАМИ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Известно, что перед вводом в серийное производство новая техника проходит многочисленные испытания. Для летательных аппаратов (ЛА) данный этап является очень значительным, так как математические модели подобных технических объектов не могут полностью охарактеризовать реальное поведение ЛА при воздействии на него множества дестабилизирующих факторов. Первоначально бортовое оборудование (БО) ЛА проходит стендовые испытания. На данном этапе производится анализ работы БО ЛА при воздействии на него различных дестабилизирующих факторов, таких как сверхвысокие и сверхнизкие температуры, вибрация, влажность, давление, излучение и т.д. Затем проходят натурные испытания готового образца. При этом ЛА подвергается воздействиям, которые могут быть выше заданного порогового значения для БО.

При стендовых и натурных испытаниях проверяемое оборудование и сам образец ЛА снабжаются избыточным числом датчиков. Это позволяет повысить достоверность получаемых данных, а также оценить поведение испытываемого прибора. Однако при воздействии дестабилизирующих факторов возможны отклонения у группы датчиков или измерительных приборов. Основная проблема может возникнуть при достаточно медленном изменении параметров. Поэтому стендовые и натурные испытания проводятся не один раз.

Возможность контроля параметров систем управления (СУ) и датчиков с ненаблюдаемыми входами позволило бы сократить как число дублирующей аппаратуры, так и количество стендовых, а в особенности, натурных испытаний. Это связано с тем, что надёжный метод контроля параметров СУ (а, по возможности, и параметрической идентификации) с недоступными для наблюдения входами позволяет оценить состояние объекта без дополнительных испытаний и значительных аппаратных затрат.

Известно также, что основная погрешность при эксплуатации ЛА вносится в СУ различного рода датчиками, которые в свою очередь являются системами с недоступными для наблюдения входами. Поэтому задача контроля их параметров является очень актуальной. Как известно, первичные измерительные приборы можно с достаточной степенью точности описать линейными дифференциальными уравнениями с сосредоточенными параметрами не выше 5 порядка или, что эквивалентно, с помощью передаточной функции, которая обычно имеет дробно-рациональный вид:

$$W(p) = \frac{P_n(p)}{Q_m(p)} = \frac{\sum_{k=0}^n b_k p^k}{\sum_{k=0}^m a_k p^k}, \quad (1)$$

где $m > n$ – целые; $a_k, b_k \in \mathbb{R}$ – параметры системы; $p \in \mathbb{C}$.

Предлагаемый нами метод контроля параметров линейных динамических систем (ЛДС), математическая модель которых может быть представлена в виде передаточной функции (1), опирается на использование аддитивной модели входного сигнала, в которой шум является стационарным и эргодичным случайным процессом с граничной частотой Ω_0 , а полезный сигнал – нестационарный случайный процесс с приближённо финитным спектром и граничной частотой ω_0 ($\Omega_0 \gg \omega_0$), а также дифференцирующего устройства с конечной памятью, позволяющего произвести отбеливание входного сигнала. Последнее строится посредством последовательной коррекции контролируемой системы фильтром с передаточной функцией $R_T(p)$, который также имеет конечную память. Контроль за

параметрами осуществляется косвенно через вычисление центральных моментов второго порядка: дисперсии – контроль одного параметра (например, для контроля статического коэффициента передачи) и автокорреляционной функции – контроль амплитудно-частотной характеристики. Изменение вектора параметров контролируемой системы вызывает скачок памяти, а также изменение статистических характеристик выходного сигнала.

Рассмотрим примеры используемых в ЛА датчиков.

- Датчик температуры, основанный на термопаре. Его передаточная функция имеет следующий вид:

$$W_{TP}(p) = \frac{S_T}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}, \quad (2)$$

где S_T – чувствительность термопары; T_1 – постоянная времени термопары; T_2 – постоянная времени, задающая защитный корпус температурного датчика. В данном случае $T_2 \ll T_1$, а, следовательно, составляющей $1/(T_2 p + 1)$ можно пренебречь.

- Маятниковый акселерометр. Передаточная функция маятникового акселерометра с воздушным демпфером имеет вид

$$W_{TP}(p) = \frac{mlS_{II}(Tp + 1)}{TJp^3 + Jp^2 + (K_D + TC_J)p + C_J}, \quad (3)$$

а для маятникового акселерометра с жидкостным демпфером :

$$W_{TP}(p) = \frac{mlS_{II}}{Jp^2 + K_D p + C_J}, \quad (4)$$

где J – приведенный момент инерции подвижной системы; K_D – приведенный коэффициент углового демпфирования; C_J – приведенная угловая жесткость; S_{II} – чувствительность; l – плечо маятника; m – масса маятника; T – постоянная времени.

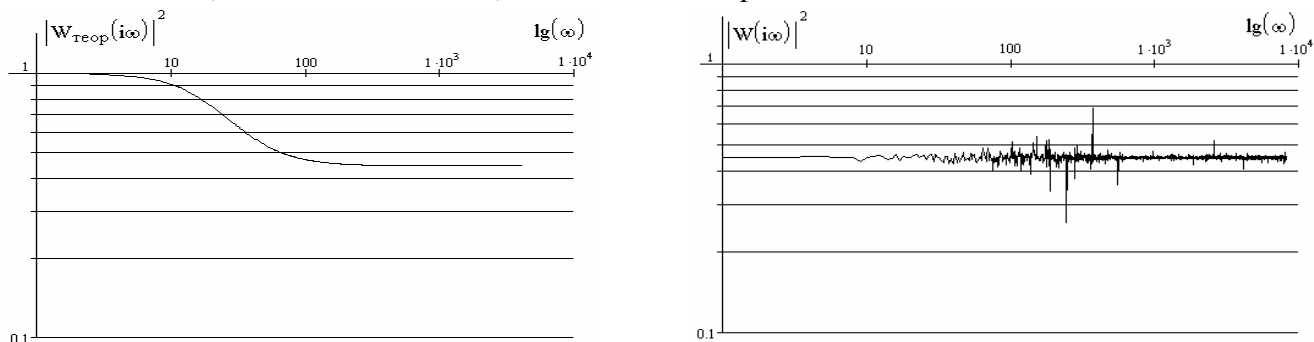


Рис. 1.

Идентификация АЧХ изменений системы $W_{TP}(p)$ при $T_2 \ll T_1$ дает следующие результаты (см. рис. 1, слева – математическая модель; справа – результат моделирования на ЭВМ).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Д.А.Браславский, Приборы и датчики летательных аппаратов, М.: Издательство «Машиностроение», 1970 г., 392 с.