

M.A. CHTCHYAN, D.H. YEGHIAZARYAN

**DEVELOPING AND TESTING THE CONTROL UNIT FOR A QUADROTOR
WITH AN ADAPTIVE CONTROL SYSTEM**

A control unit with an adaptive control system quadrotor is developed. The adaptive control system used in the control unit significantly improves the flight characteristics and robustness limits of the quadrotor thus making it superior to the existing solutions.

Keywords: adaptive control system, quadrotor, multirotor.

УДК 681.586

Г.Г. ЕГИАЗАРЯН, Н.А. ВАРДАНИЯН

**КОМПЕНСАЦИОННЫЙ МЕТОД СТАБИЛИЗАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ В
ОРБИТАЛЬНЫХ ТЕЛЕСКОПАХ**

Рассматривается возможность использования астрономического орбитального телескопа для решения специальных задач, возникающих при исследовании отдельных участков земной поверхности. Прецизионная стабилизация телескопа осуществляется компенсационным методом поворотами вторичного зеркала по сигналам с датчиков системы ориентации.

Ключевые слова: орбитальный телескоп, система стабилизации, передаточная функция, оптико-электронные приборы, датчики углов.

В современных системах прецизионной стабилизации (СПС) изображения в больших орбитальных телескопах широкое распространение получил метод гидирования по опорным звездам, расположенным в поле зрения телескопа [1,2].

Однако установка астродатчиков СПС в фокальной плоскости телескопа имеет свои недостатки. Так, например, при решении ряда специальных задач, когда опорные звезды в поле зрения телескопа отсутствуют, СПС становится неработоспособной.

В работе проведено исследование системы компенсационным (косвенным) методом стабилизации изображения в орбитальном телескопе, которая не обладает указанным недостатком. Телескоп жестко установлен на космическом аппарате (КА). Прецизионная ориентация и стабилизация оптической оси телескопа в направлении исследуемого объекта производятся методом двухступенчатого итерационного управления [3].

Предварительная, "грубая" ориентация и стабилизация телескопа в инерциальном пространстве обеспечиваются системой управления ориентацией (СУО) космического аппарата. Чувствительными элементами СУО являются оптико-электронные приборы (ОЭП) ориентации по Солнцу и звездам и гироскопическая система, а исполнительными элементами - система газореактивных двигателей.

Прецизионная стабилизация изображения осуществляется поворотами вторичного зеркала компенсационным методом, при котором сигналы управления формируются сравнением сигналов рассогласования ОЭП "грубой" ступени с выходными сигналами прецизионных датчиков углов, установленных по поперечным осям управления вторичного зеркала.

Матричная структурная схема СУО совместно с системой косвенной стабилизации (СКС) изображения показана на рис.1, где R – матрица кинематических связей между каналами СУО; $\text{diag}\{W_{OЭПi}(p)\}$ – матрица передаточных функций ОЭП; $K = R^{-1}$ – матрица преобразователя координат; $\Delta\bar{\varphi} = [\Delta\varphi_z, \Delta\varphi_y, \Delta\varphi_x]^T$ – вектор ошибок ориентации КА; $\bar{\varphi}_{КА} = \bar{\varphi}_{ТЕЛ} = [\varphi_{КАz}, \varphi_{КАy}, \varphi_{КАx}]^T$ – вектор возмущающих движений КА; $W_{O_1}(p)$ J – матрица передаточных функций усилительно-преобразующих звеньев и приводов СКС; $W_{ДУ}(p)$ J – матрица передаточных функций датчиков углов; K_{OP} J – матрица коэффициентов оптической редукции; $\bar{\varphi}_{B3} = [\varphi_{B3z}, \varphi_{B3y}]^T$ – вектор угловых поворотов вторичного зеркала; $\bar{\varphi}_{BbIX} = -\bar{\varepsilon} = [\varphi_{BbIXz}, \varphi_{BbIXy}]^T$ – вектор угловых отклонений (ошибок) оптической оси телескопа; J_{12} – матрица вида

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

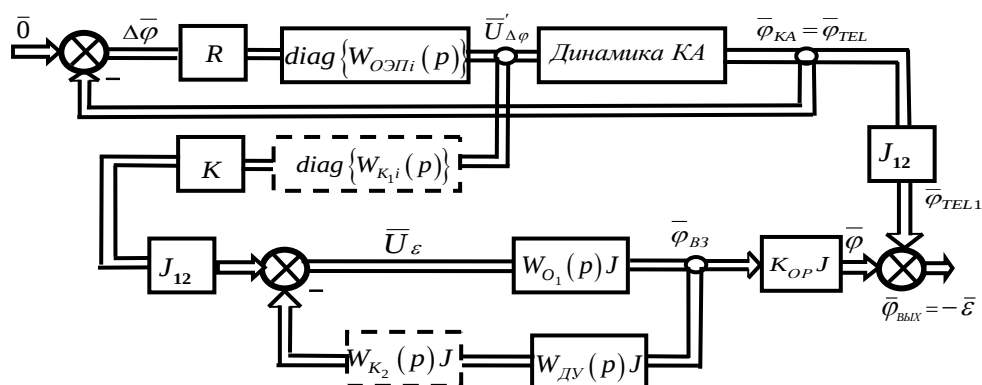


Рис. 1. Матричная структурная схема СУО совместно с СКС изображения

Вектор динамической ошибки СКС определяется выражением

$$\begin{aligned} \bar{\varepsilon}(p) = & K_{OP} \left[J + W_{ДВ}(p) W_{O_1}(p) J \right]^{-1} \times \\ & \times W_{O_1}(p) J_{12} K \text{diag} \{ W_{OЭП_i}(p) \} R \bar{\varphi}_{TEL}(p) - \bar{\varphi}_{TEL_1}(p). \end{aligned} \quad (1)$$

Из рис. 1 видно, что для формирования на выходе преобразователя координат сигналов, пропорциональных истинным угловым отклонениям телескопа, необходимо выполнить условие $\text{diag} \{ W_{OЭП_i}(p) \} = W_{OЭП}(p) J$. В этом случае матрица K в уравнении (1) компенсирует матрицу R , и выражение (1) принимает вид

$$\begin{aligned} \bar{\varepsilon}(p) = & K_{OP} \left[J + W_{ДВ}(p) W_{O_1}(p) J \right]^{-1} \times \\ & \times W_{OЭП}(p) W_{O_1}(p) J_{12} \bar{\varphi}_{TEL}(p) - \bar{\varphi}_{TEL_1}(p). \end{aligned} \quad (2)$$

Умножая слева обе части последнего уравнения (2) на $\left[J + W_{ДВ}(p) W_{O_1}(p) J \right]^{-1} \left[J + W_{ДВ}(p) W_{O_1}(p) J \right]$ и учитывая, что $J_{12} \bar{\varphi}_{TEL}(p) = \bar{\varphi}_{TEL_1}(p)$, последнее уравнение можно представить следующим образом:

$$\bar{\varepsilon}(p) = - \frac{1 - W_{OЭП}(p) K_{OP} W_{O_1}(p) + W_{ДВ}(p) W_{O_1}(p)}{1 + W_{ДВ}(p) W_{O_1}(p)} J \bar{\varphi}_{TEL_1}(p). \quad (3)$$

Заметим, что при выполнении условия симметрии передаточных функций ОЭП и датчиков углов $W_{ДВ}(p) J = W_{OЭП}(p) K_{OP} J$ выражение (3) сводится к виду

$$\bar{\varepsilon}(p) = - \left[\frac{1}{1 + W_{OЭП}(p) W_{O_1}(p)} \right] J \bar{\varphi}_{TEL_1}(p), \quad (4)$$

аналогичному выражению вектора динамической ошибки СПС в режиме автосопровождения:

$$\bar{\varepsilon}(p) = - \left[\frac{1}{1 + W_{АД}(p) W_{O_1}(p)} \right] J \bar{\varphi}_{TEL_1}(p), \quad (5)$$

где $W_O(p) = K_{OP} W_{O_1}(p)$; $W_{АД}(p)$ - передаточная функция двухкоординатного астродатчика СПС, установленного в фокальной плоскости телескопа на его оптической оси. Рационального симметрирования передаточных функций ОЭП

и датчиков углов можно достигнуть введением в СКС (рис. 1) корректирующих звеньев

$$\text{diag}\{W_{K_i}(p)\} = W(p) \text{diag}\left\{\frac{1}{W_{O\pi i}(p)}\right\} \text{ и } W_{K_2}(p)J = K_{OP} \left[\frac{W(p)}{W_{ДВ}(p)}\right] J,$$

физическая реализуемость которых обеспечивается включением в их состав апериодического звена $W(p)$. При этом выражение вектора ошибки (1) преобразуется к виду

$$\bar{\varepsilon}(p) = - \left[\frac{1}{1 + W(p)W_o(p)} \right] J \bar{\varphi}_{TEL_1}(p). \quad (6)$$

Анализируя полученное выражение, можно заметить, что если передаточную функцию $W(p)$ в составе корректирующих звеньев выбрать из условия $W(p) = W_{AD}(p)$, то выражение (6) совпадает с выражением (5), а структурная схема СКС преобразуется в структурную схему СПС в режиме автосопровождения (рис. 2).

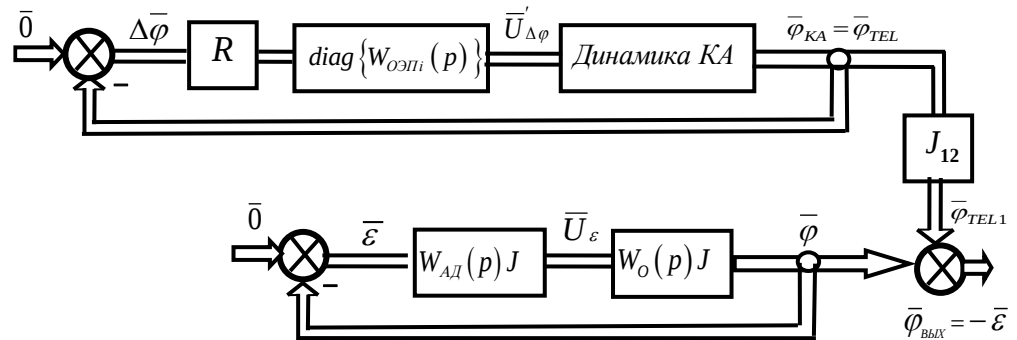


Рис. 2. Матричная структурная схема СУО совместно с системой прецизионной стабилизации изображения в режиме автосопровождения

Это значит, что в СКС теоретически можно реализовать точность стабилизации такого же порядка, что и в СПС, работающей в режиме автосопровождения, при условии, что оптико-электронные приборы СУО и датчики углов СКС не будут уступать по чувствительности астродатчику СПС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Токовинин А.А. Орбитальные оптические телескопы. Серия "Космонавтика, астрономия".-М.: Знание, 1986.- N11.-64с.
2. Захарян А.З., Гаспарян О.Н., Егиазарян Г.Г. Система прецизионной стабилизации изображения в космической станции "Астрон" // Тезисы докладов межотраслевого семинара по системам управления, следящим приводам и их элементам. Часть 1.- М., 1984. – С.79-80.
3. Осмоловский П.Ф. Итерационные многоканальные системы автоматического управления. -М.: Советское радио, 1969.- 256с.

Գ.Գ. ԵՂԻԱԶԱՐՅԱՆ, Ն.Հ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

ՈՒՂԵԾՐԱՅԻՆ ԱՍՏՂԱԴԻՏԱԿՆԵՐՈՒՄ ՊԱՏԿԵՐԻ ԿԱՅՈՒՆԱՑՄԱՆ ԿՈՄՊԵՆՍԱՑՄԱՆ ՄԵԹՈԴ

Դիտարկվում է աստղագիտական ուղեծրային աստղադիտակի օգտագործման հնարավորությունը հատուկ խնդիրների լուծման դեպքում, որոնք առաջանում են երկրագնդի մակերևույթի առանձին հատվածները հետազոտելիս: Աստղադիտակի ճշգրիտ կայունացումը կատարվում է կոմպենսացման մեթոդով՝ երկրորդական հայելու պտույտներով, ըստ ուղղորդման համակարգի տվիչների ազդանշանների:

Առանցքային բառեր. ուղեծրային աստղադիտակ, կայունացման համակարգ, փոխանցման ֆունկցիա, օպտիկա-էլեկտրոնային սարքեր, անկյունային տվիչներ:

G.G. YEGHIAZARUAN, N.H. VARDANYAN

A COMPENSATION METHOD FOR IMAGE STABILIZATION IN ORBITAL TELESCOPES

The possibility of using an astronomical orbital telescope for solving some special problems arising at investigating different parts of the Earth's surface is considered. The precise stabilization of the telescope is accomplished by the compensation method by rotations of the secondary mirror according to the signals from the sensors of the orientation system.

Keywords: orbital telescope, stabilization system, transfer function, optic-electronic devices, angle sensors.